

TRABAJO FIN DE GRADO

Grado en Ingeniería Mecánica

DISEÑO DE UNA MATRIZ PROGRESIVA



Memoria y Anejos

Autor: Albert Manero Rupérez
Director: Oscar Farrerons Vidal
Convocatoria: Junio 2019

Resumen

En este proyecto se presenta todo el proceso de diseño de una matriz progresiva para la obtención de una pieza, destinada sobre todo a armarios, partiendo de una chapa de acero.

Primeramente, se ha realizado el estudio de las posibles alternativas para su fabricación, así como el tipo de matriz a utilizar para obtener mayor beneficio. El proceso de fabricación elegido es mediante un matriz progresiva múltiple. Para ello se ha efectuado el estudio tanto de la banda de chapa, obteniendo el mayor rendimiento de ésta, como de las operaciones de corte, punzonado y doblado de la chapa para la obtención de la pieza final.

También, se ha llevado a cabo el diseño de todos los componentes que forman la matriz progresiva, ya sean elementos normalizados, buscados en diferentes proveedores, como elementos a construir, con sus planos correspondientes adjuntos. La elección de cada elemento que compone la matriz está diseñada teniendo en cuenta unos cálculos previos.

Una vez hecho el diseño de la matriz progresiva, se ha estudiado la viabilidad de esta matriz, realizando un presupuesto, que incluye los costes de ingeniería, los de los elementos normalizados, los de los elementos a fabricar y los de puesta en marcha.

Finalmente, se describen las máquinas necesarias para el proceso de fabricación con matriz progresiva, así como las medidas de seguridad y el mantenimiento que debe tener la matriz.

Resum

En aquest projecte es presenta tot el disseny d'una matriu progressiva per l'obtenció d'una peça, destinada principalment a armaris, partint d'una xapa d'acer.

Primerament, s'ha realitzat l'estudi de les possibles alternatives per la seva fabricació, així com el tipus de matriu a utilitzar per obtenir el major benefici possible. El procés de fabricació escollit es mitjançant una matriu progressiva múltiple. Es per això que s'ha realitzat l'estudi, tant de la banda de xapa, obtenint el major rendiment d'aquesta, com de les operacions de tall, punxonat i doblegat de la xapa a efectuar per l'obtenció de la peça final.

També, s'ha dut a terme el disseny de tots els components que formen la matriu progressiva, ja siguin elements normalitzats, buscats en diferents proveïdors, com de elements a construir, amb els seus respectius plànols. La elecció de cada element de la matriu està dissenya tenint en compte uns càlculs previs.

Una vegada realitzat el disseny de la matriu progressiva, s'ha fet l'estudi de la viabilitat d'aquesta matriu, realitzant un pressupost, que inclou els costos d'enginyeria, els dels elements normalitzats, els dels elements a fabricar i la posta a punt.

Finalment, es descriuen les màquines necessàries per el procés de fabricació amb matriu progressiva, així com les corresponents mesures de seguretat i el manteniment que deu tenir.

Abstract

This project describes and presents the process of designing a progressive matrix to obtain a piece, used for cabinets, beginning from a sheet steel.

First of all, the study of all the possible alternatives for its manufacture has been carried out, as well as the type of matrix to be used to obtain greater benefit. The manufacturing process chosen is through a multiple progressive matrix. For this, it has been carried out the study of the sheet metal strip, obtaining the highest performance for it, as well as the operations of cutting, punching and bending of the sheet to obtain the final piece.

Also, the design of all the components that make up the progressive matrix has been carried out, whether they are standard elements, searched in different suppliers, as elements to be built, with their corresponding plans attached. The choice of each element is designed taking into account previous calculations.

Once the design of the progressive matrix has been made, the viability of this matrix has been studied, making a budget, which includes the engineering costs, the standardized elements, the elements to be manufactured and the start-up.

Finally, the needed machines for the manufacturing process with progressive matrix are described, as well as the security measures and the maintenance that the matrix must have.



Agradecimientos

En primer lugar, quería agradecer a Audi Tooling Barcelona por brindarme la oportunidad de realizar este proyecto con ellos. Tanto por todas las herramientas que me han proporcionado, así como por consejos, recomendaciones y ayudas que me han ofrecido.

Gracias a este proyecto, conjuntamente con las prácticas que estoy realizando en Audi Tooling, he enriquecido mis conocimientos sobre el mundo de la matricería. Especialmente quería agradecer a Xavi por su ayuda y apoyo en este trabajo. Agradecer también a Roger, Oriol, entre otros compañeros de la empresa, por compartir sus conocimientos conmigo y darme sus consejos, ya que han sido de gran ayuda.

Por último, dar las gracias a mi tutor de la Universidad Oscar Farrerons Vidal, por guiarme y ayudarme en la realización de este proyecto.





Índex

RESUMEN	I
RESUM	II
ABSTRACT	III
AGRADECIMIENTOS	V
1. PREFACIO	1
1.1 Origen del trabajo	1
1.2 Motivación	1
2. INTRODUCCIÓN	3
2.1 Objetivos del trabajo.....	4
2.2 Alcance del trabajo	4
3. ESTUDIO DE LA PIEZA	7
3.1 Descripción de la pieza 3D y planos.....	7
3.2 Selección del material de la pieza.....	10
4. DESCRIPCIÓN DE LA MATRIZ	14
4.1 Matrices.....	14
4.2 Justificación de la elección de matriz progresiva	19
5. DISEÑO DE LA MATRIZ PROGRESIVA Y BANDA DE CHAPA	21
5.1 Diseño de la banda.....	21
5.1.1 Separación entre piezas	24
5.1.2 Separación pieza – borde fleje.....	26
5.1.3 Determinación del paso	27
5.1.4 Longitud y anchura de la banda.....	28
5.1.5 Rendimiento de la chapa	30
5.1.6 Etapas del proceso de fabricación	31
5.1.7 Sistemas de alimentación para la banda de chapa	32
5.2 Diseño de la matriz progresiva	34
5.2.1 Componentes.....	35
5.2.2 Parte superior.....	59
5.2.3 Parte intermedia	60
5.2.4 Parte inferior	61

6.	OPERACIONES	63
6.1	Corte.....	63
6.1.1	Fenómeno y descripción de un proceso de corte.....	63
6.1.2	Efectos del corte en la chapa.....	64
6.1.3	Tolerancias de corte	65
6.1.4	Fuerzas de corte	69
6.1.5	Fuerza de extracción.....	72
6.1.6	Fuerza de expulsión	72
6.1.7	Resistencia del punzón al pandeo	73
6.2	Doblado.....	77
6.2.1	Fenómeno y descripción del proceso de doblado	77
6.2.2	Radio de doblado	80
6.2.3	Efectos del doblado en la pieza	80
6.2.4	Determinación de la fibra neutra	81
6.2.5	Ángulo de doblado y recuperación de la chapa	83
6.2.6	Fuerza de doblado	85
6.2.7	Holgura entre punzón y matriz.....	86
7.	ELECCIÓN DE LA PRENSA	88
8.	SISTEMA DE EVACUACIÓN	92
9.	MEDIDAS DE SEGURIDAD	93
10.	MANTENIMIENTO	95
10.1	Mantenimiento preventivo	95
10.2	Mantenimiento correctivo	96
11.	IMPACTO MEDIOAMBIENTAL	98
12.	BIBLIOGRAFÍA	99
13.	CONCLUSIONES	101

1. Prefacio

1.1 Origen del trabajo

El origen de este trabajo viene dado por las prácticas que estoy realizando en la empresa Audi Tooling Barcelona. Se dedican al sector de la matricería, para la fabricación, sobretodo, de puertas de coches, tanto delanteras como traseras.

Trabajan en el diseño y fabricación de troqueles, desde una chapa plana hasta la obtención de la forma de la puerta deseada.

1.2 Motivación

Al estar haciendo prácticas en Audi Tooling, he profundizado mucho más en todo el mundo de la matricería, que era casi desconocido para mí. He visto que es un sector muy amplio, útil y beneficioso para la fabricación de muchas piezas que hoy en día existen.

Al llevar nueve meses sumergido en este mundo, aprendiendo y desarrollando cada día nuevos conocimientos sobre las matrices, tanto de su diseño como de su funcionamiento, me ha parecido muy interesante enfocar mi trabajo fin de grado al diseño de una de una matriz progresiva, para una pieza con grandes cantidades de producción anuales.

Además, la realización de este trabajo va a enriquecer mis conocimientos sobre todos los temas relacionados con matrices, cosa que luego también puedo llegar a relacionar con las funciones que desempeño en las prácticas.

2. Introducción

La matricería es una rama de la mecánica industrial que estudia y desarrolla las técnicas de fabricación de utillajes adecuados para obtener piezas en serie, generalmente de chapa metálica sin arranque de viruta. El uso de matrices progresivas es un proceso muy utilizado en los sectores de automoción, electrónica y electrodomésticos.

Consiste en estaciones de trabajo individuales, en las cuales se realizan una o más operaciones, ya sean de embutición, corte o punzonado, y de doblado o conformado. La pieza sale de una banda, generalmente metálica, que va recorriendo cada una de las estaciones, hasta llegar a la última operación para separar la pieza deseada de la banda, Figura 1.



Figura 1. Ejemplo matriz progresiva (Matorfe)

Llegar a la conclusión de utilizar una matriz progresiva para la fabricación de una pieza, se debe a factores como el volumen de producción, la complejidad y el tamaño. Es por eso que se ha escogido realizar una fijación para puertas de armarios, ya que no es de un tamaño excesivamente grande y requiere de una gran producción anual.

2.1 Objetivos del trabajo

Este proyecto tiene por objeto el diseño de una matriz progresiva que permita la fabricación en frío y en serie de una pieza dedicada al sector a la industria de los muebles, con una producción anual de 500.000 unidades al año, teniendo en cuenta un stock de seguridad y las piezas defectuosas que puedan producirse.

La matriz progresiva a diseñar debe garantizar la calidad de las piezas, minimizar las piezas defectuosas y asegurar que todas las piezas sean idénticas, es decir que haya homogeneidad entre ellas. Además, deberá ser una matriz robusta, resistente a impactos, y sus elementos deberán tener gran resistencia mecánica. Contendrá el mayor número de elementos normalizados proporcionados por los diferentes proveedores que actualmente hay en el mercado, todo ellos cumpliendo con las normativas correspondientes. Por otro lado, dispondrá de un fácil mantenimiento y de un sistema de seguridad efectivo para evitar accidentes innecesarios.

Por último y, no menos importante, se tiene que asegurar una rentabilidad económica a corto plazo, a causa del gran volumen de producción que se llevará a cabo, por tanto, se hará un estudio económico detallado para conocer la viabilidad de la matriz. A más a más, se tendrá en cuenta que hay que minimizar el impacto medioambiental, principalmente, del material sobrante.

2.2 Alcance del trabajo

En este proyecto se llevará a cabo un estudio de la pieza a fabricar, del material y diseño de la banda, del diseño del utillaje necesario para el desarrollo de la matriz, de las operaciones a realizar en cada estación, fuerzas de corte y/o punzonado, extracción de la chapa, elección de la prensa idónea para la matriz, simulación de la matriz, seguridad, viabilidad e impacto medioambiental.

- Estudio de la pieza: elección del material idóneo para su realización. Realizar el diseño de la banda, conociendo su material, su espesor, tolerancias, etc.
- Desarrollo y diseño del utillaje: diseñar todos los componentes que van a formar parte de la matriz, tanto normalizados como a construir. Una vez realizada etapa, se comprobará que la matriz trabaje correctamente con la chapa, verificando que no existan choques entre elementos.
- Prensa: estudio de las diferentes prensas que hay en el mercado que mejor se ajuste a la matriz progresiva diseñada.

- Seguridad, viabilidad, impacto medioambiental: se verifica que existan las medidas de seguridad necesarias. Se realiza un estudio económico para comprobar la viabilidad de la prensa y su rentabilidad. Y minimizar al máximo el impacto medioambiental, durante el proceso de fabricación de la pieza.

3. Estudio de la pieza

3.1 Descripción de la pieza 3D y planos

Para la correcta realización de la matriz, lo primero de todo es conocer la geometría de la pieza que queremos fabricar. En la figura 2, se presenta la pieza escogida, tanto real como en Catia, que en este caso es una fijación de puertas, que se puede usar tanto en muebles como armarios.

Tiene como función principal, asegurar el correcto funcionamiento de una puerta de un mueble o de un armario.

Se fija el orificio circular y el coliso de la Figura 2 en la parte inferior de uno de los estantes de un mueble, dejando el agujero rectangular sin fijar al mueble. Por otra parte, se fija el objeto de la Figura 3 en la puerta del mueble a la altura del anterior objeto ya fijado.

Cuando la puerta se cierra, entra la cabeza de la parte móvil del objeto anclado en la puerta, en el orificio rectangular del otro, asegurando que la puerta queda bien cerrada, y no se abre por cualquier anomalía, como podría ser ráfagas de viento.

Este aparato hace la fuerza necesaria para mantener la puerta cerrada en caso de que se apliquen de pequeñas fuerzas, ya que tiene que ser capaz una persona de poder abrir la puerta cuando quiera.

Este dispositivo tiene tendencia a usarse más en muebles y/o armarios que están situados en exterior.



Figura 2. Pieza elegida – soporte (Fuente propia)



Figura 3. Pieza complementaria (Fuente propia)

La pieza que se va a realizar en este trabajo es el objeto de la Figura 2.

Como se puede observar la pieza que se quiere llevar a cabo tiene una geometría determinada, dispone de un agujero perfectamente circular de diámetro 4 mm, un coliso, situado al costado del orificio circular, de 10 mm de largo por 4 mm de ancho.

En el otro extremo de la pieza, se observa un agujero rectangular, con las esquinas redondeadas, de 16 mm de largo por 9 mm de ancho. Por último, tiene un doblado en el centro de la pieza a 45°.

Para hacernos una idea más exacta de las dimensiones principales de la pieza, se muestran los planos de la pieza tanto en planta como en alzado, Figura 4.

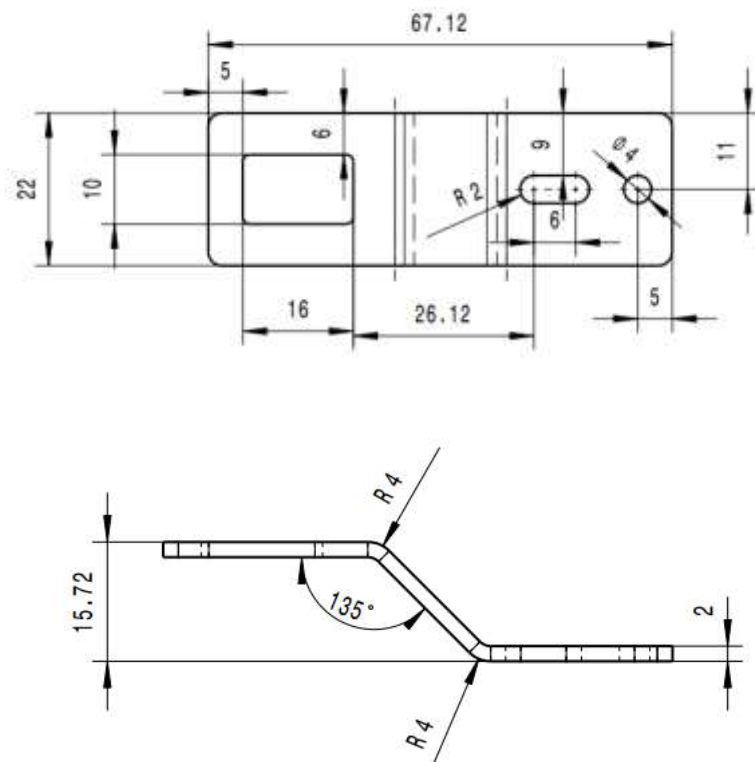


Figura 4. Planta y alzado de la pieza a diseñar (Fuente propia – CATIA)

La pieza tiene una longitud de 67,12 mm y una anchura de 22 mm. Puede parecer que la longitud de la pieza se haya recogido de manera inexacta, pero es a causa del estrechamiento de chapa a la hora de realizar el doblado, que más adelante se explicará detalladamente.

3.2 Selección del material de la pieza

Para escoger el material adecuado para la pieza a fabricar, se tienen que tener en cuenta una serie de aspectos, como las funciones mecánicas que desempeñará la pieza, el proceso de fabricación y en qué condiciones se encontrará la pieza.

La función principal de la pieza es bloquear la apertura de una puerta, sobretodo de pequeños armarios exteriores, por efecto de una fuerza externa a la nuestra, como ya pueda ser aire. La fuerza máxima que tendrá que soportar será la de una persona ejerciendo la acción de abrir una puerta, es decir, que tendrá que soportar esfuerzos no muy altos, por tanto, necesitaremos que tenga una resistencia media a la rotura.

Sabiendo que el proceso de fabricación de la pieza será mediante una matriz progresiva en la cual se van a realizar diferentes operaciones de corte y doblado, será interesante que la pieza no sea excesivamente resistente para una fácil conformación y cortes de la misma. Por tanto, necesitaremos que tenga una resistencia media al corte.

Este tipo de piezas pueden encontrarse tanto en inmobiliario interior como exterior, es decir, tendrá que soportar viento, lluvia y humedad. Es por eso, que necesitará de un tratamiento para protegerla contra la corrosión.

Una vez conocidos todos estos inputs que la pieza deberá disponer, veamos la Tabla 2, con las principales características de rotura y corte de los materiales laminados más utilizados.

El material utilizado será un acero laminado con 0,2% de carbono recocido. Contra más carbono el material es más resistente y más duro, pero menos dúctiles y, necesitamos cierta ductilidad de la pieza para realizar las operaciones de doblado. Además, realizándole tratamiento térmico de recocido aumentamos su ductilidad.

Por tanto, el material elegido tendrá una resistencia a la rotura de 40 kg/mm^2 (392 N/mm^2) y una resistencia al corte de 32 kg/mm^2 (314 N/mm^2).

Por último, hemos comentado que necesitamos protegerlo de corrosiones, por tanto, se le puede aplicar un tratamiento de galvanizado o cincado. Se ha optado por un galvanizado, ya que se trata de una pieza pequeña que se suele ubicar en armarios en exteriores (patios, terrazas). Se trata de la inmersión de la pieza en un baño de zinc fundido a una temperatura aproximada de 700°C . Este tipo de recubrimiento tiene una adherencia extraordinaria ya que el zinc se alea metalúrgicamente al acero, lo que genera gran protección frente a la corrosión.

El acero utilizado tendrá la composición química que se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Composición química del acero

Composición química	C %	Mn %	P máx. en %	S máx. en %	Si máx. en %
Análisis típico en %	0,18 - 0,23	0,3 – 0,6	0,04	0,05	0,15 – 0,3

Tabla 2. Resistencia al corte y rotura de los materiales laminados habituales (Tratado de matricería - Antonio Florit)

Materiales	Resistencia rotura Kg/mm ²		Resistencia corte Kg/mm ²		Peso específico Kg/dm ³
	Recocido	Crudo	Recocido	Crudo	
Acero laminado 0,1% C	31	40	25	32	7,8 – 7,9
Acero laminado 0,2% C	40	50	32	40	
Acero laminado 0,3% C	44	60	35	48	
Acero laminado 0,4% C	56	70	45	56	
Acero laminado 0,6% C	70	90	56	72	
Acero laminado 0,8% C	90	110	72	90	
Acero laminado 1,0% C	100	130	80	105	
Acero laminado inoxidable	65	75	52	60	
Acero laminado al silicio	56	70	45	56	
Aluminio	7,5 – 9	16 – 18	6 – 7	13 – 15	2,7
Anticorodal	11 – 13	32 – 36	9 – 10	25 – 29	2,8
Duraluminio	16 – 20	38 – 45	13 – 16	30 – 36	2,8
Aluminio en aleación	12 – 15	25	10 – 12	20	2,7
Alpaca laminada	35 – 45	56 – 58	28 – 36	45 – 46	8,3 – 8,45
Bronce	40 – 50	50 – 75	32 – 75	40 – 60	8,4 – 8,9
Zinc	15	25	12	20	7,1 – 7,2
Cobre	22 – 27	31 – 37	18 – 22	25 – 30	8,9 – 9
Estaño	4 – 5		3 – 4		7,4
Fibra			17		
Latón	28 – 37	44 – 50	22 – 30	35 – 40	8,5 – 8,6
Oro			18	30	19,3 – 19,35
Plata laminada	29	29	23 - 24	23 – 24	10,5
Plomo	2,5- 4		2 – 3		11,4

4. Descripción de la matriz

4.1 Matrices

Tanto en automoción, en el ámbito naval, aeroespacial y en electrométricos existen muchas piezas fabricadas mediante matrices. Se pueden dividir en dos grandes bloques: matrices simples y matrices progresivas.

- Matrices simples: esta matriz realiza una sola operación del proceso, es decir, esta matriz es empujada para piezas que solo sea necesario realizarle una sola operación. Existen diferentes tipos de matrices simples, como ya son:
 - Matriz de bordonado: consiste en la obtención de un borde con forma, generalmente, de rizo alrededor de un perfil, Figura 5.

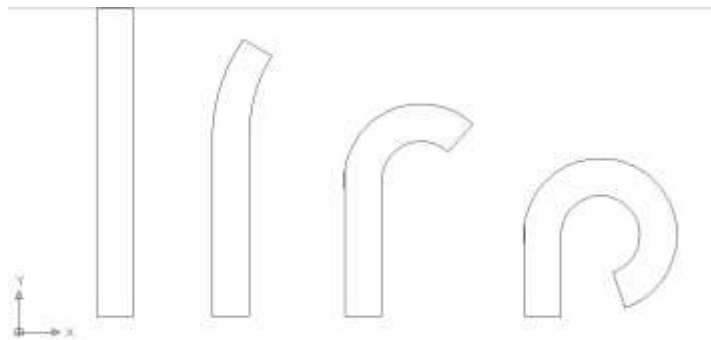


Figura 5. Pieza obtenida con una matriz de bordonado (Bibliografía de Cátedra)

- Matriz de pestañado: matriz parecida a la anterior, con la finalidad de dos elementos de forma firme y hermética, Figura 6.

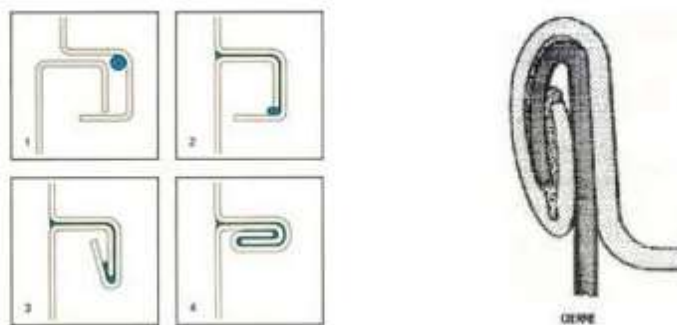


Figura 6. Pieza obtenida con una matriz de pestañado (Bibliografía de Cátedra)

- Matriz de corte: como bien indica su nombre, realiza corte de la chapa, Figura 7.

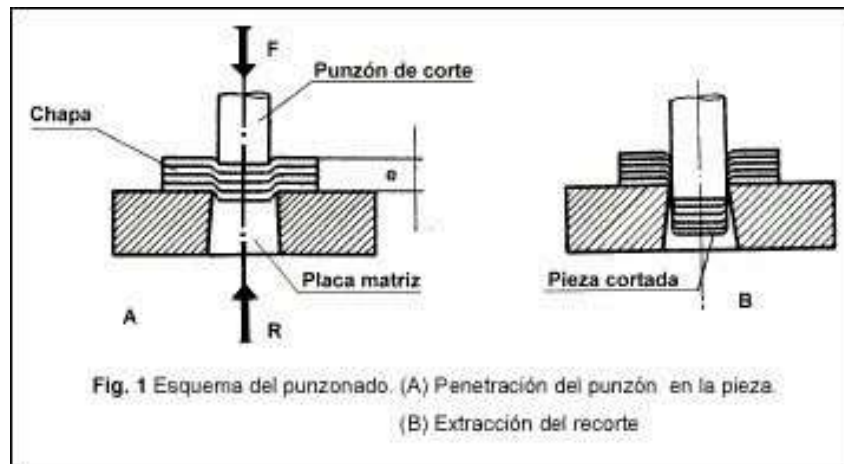


Figura 7. Funcionamiento de una matriz de corte (Bibliografía de Cátedra)

- Matriz de plegado: matrices con la finalidad de doblar la chapa, Figura 8.

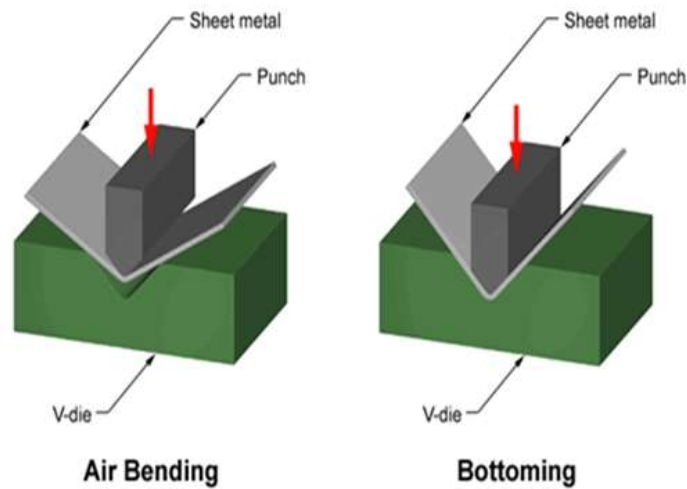
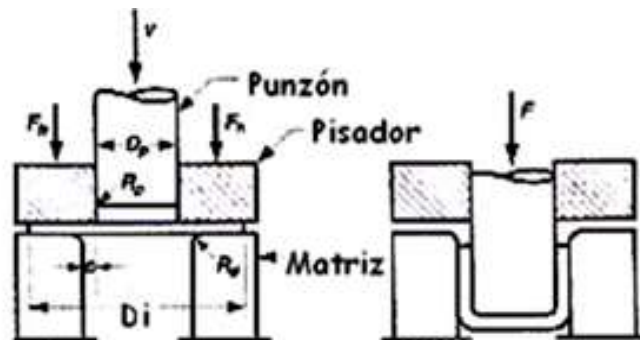


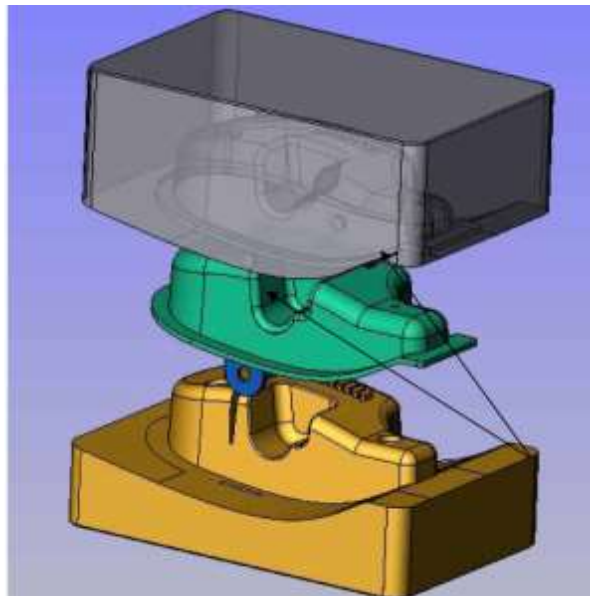
Figura 8. Pieza obtenida por una matriz de plegado (Bibliografía de Cátedra)

- Matriz de embutición: consiste en una herramienta que da la forma deseada al material, haciéndolo pasar por un orificio que define el perfil deseado, Figura 9.



*Figura 9. Pieza obtenida con una matriz de embutición
(Bibliografía de Cátedra)*

- Matriz de estampado: consiste en dar forma al material, la diferencia con el anterior es que, se cuenta con un molde que aprisiona una chapa entre dos piezas que se corresponden Figura 10.



*Figura 10. Funcionamiento matriz de estampado
(Bibliografía de Cátedra)*

- Matrices progresivas: la principal diferencia de las matrices progresivas (Figura 11) respecto a las matrices simples, es que se pueden realizar más de una operación. Es una matriz destinada a la fabricación progresiva, automática y simultánea de dos o más fases del proceso.

Consiste en introducir una chapa plana de material que a medida que avanza por la matriz, va sufriendo diferentes transformaciones. Las principales operaciones que se realizan en estas matrices son embuticiones, estampados, cortes, punzonados y doblados.

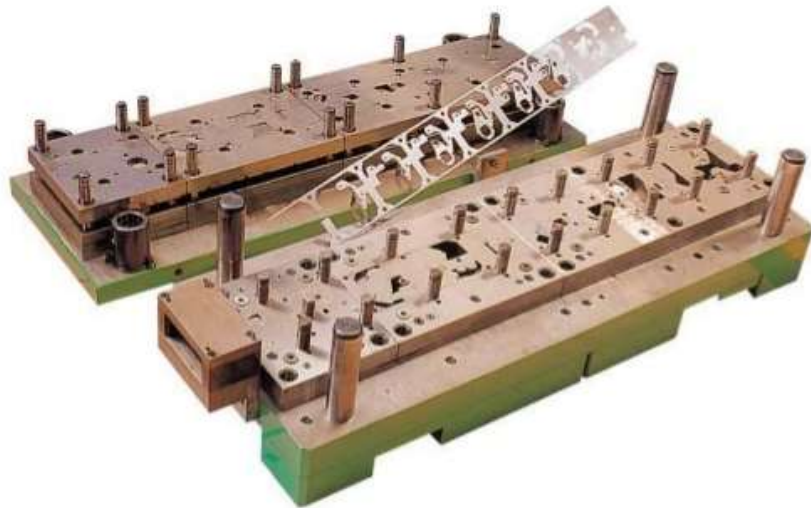


Figura 11. Ejemplo de matriz progresiva (Abis Tooling & Molding)

Más detalladamente, una matriz progresiva es capaz de fabricar grandes cantidades de piezas de forma rápida, económica y de buena calidad, transformando la chapa plana hasta obtener la pieza final.

Por lo general, las matrices progresivas constan de diferentes partes: la parte superior, la intermedia y la inferior. En la parte superior se ubica la base superior donde encuentran los porta punzones, punzones, sufrideras y elementos de guiado. En la parte intermedia se ubica la base intermedia con todos los orificios necesarios para que los punzones puedan operar correctamente y, además, se encuentra el pisador, el cual nos dará mayor calidad y precisión, tanto en estampados, cortes y doblados. Y por último en la parte inferior se encuentra la base inferior, donde se sitúa la matriz, los orificios de guiado, las guías de la chapa, elevadores, y los orificios de salida de retales.

El proceso general de la fabricación de una pieza mediante una matriz progresiva parte de un fleje de chapa enrollada en forma de rollo o de bobina, la cual se irá introduciendo

progresivamente en el interior de la matriz, por las guías de chapa, mediante un sistema de alimentación. Una matriz progresiva consta de dos grandes bloques: la parte móvil y la parte fija, dentro de las cuales hay más elementos que la componen (Figura 12).

La parte superior bajará mediante el accionamiento de la prensa, la placa pisadora pisará la chapa y posteriormente bajaran el molde, cuchillas y/o punzones, dependiendo en la operación que nos encontremos.

Una vez realizada la operación correspondiente, los punzones se desclavarán de la chapa, mediante unos elevadores y se levantará la parte intermedia y parte superior con ayuda de la prensa. Una vez la prensa esté abierta por completo el fleje de chapa seguirá avanzando hasta la siguiente operación, y se repetirá el proceso sucesivamente, hasta la obtención de la pieza final.

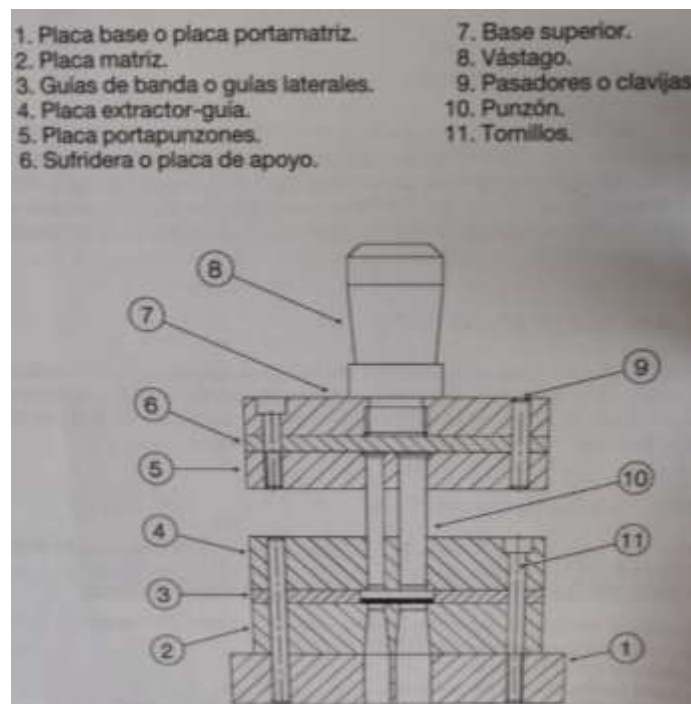


Figura 12. Partes de una matriz progresiva (Tratado de matricería – Antonio Florit)

4.2 Justificación de la elección de matriz progresiva

Tal como se expuso con anterioridad, la pieza escogida requiere de una gran producción, además observando su geometría, se llega a la conclusión de que requiere de varios pasos para su obtención final.

Si eligiéramos una matriz simple no seríamos capaces de realizar la pieza en una sola operación, por tanto, necesitaríamos 3 e incluso 4 matrices simples (estampación, corte, punzonado y doblado). Otro aspecto a tener en cuenta de las matrices simples es su difícil automatización, es decir habría bastante trabajo manual a la hora de ir avanzando la chapa y, como consecuencia aumentaría el coste, ya que necesitaríamos al menos a una persona constantemente moviendo la chapa.

En cambio, si nos decantáramos por una matriz progresiva seríamos capaces de realizar todas las operaciones, ya que permite realizar más de una operación a la vez. Las matrices progresivas destacan por su alta capacidad productiva, automatizando el proceso, que en nuestro caso es totalmente necesaria ya que, por cada coche fabricado de ese modelo, se necesita un soporte para la centralita.

A más a más, un punto a tener muy en cuenta, es el aprovechamiento de la chapa que te permite este tipo de matrices.

A modo de resumen se recogen los siguientes aspectos en la Tabla 3.

Tabla 3. Ventajas y desventajas de matrices simples y matrices progresivas (Fuente propia)

	A favor	En contra
Matrices simples	<ul style="list-style-type: none"> - Bajo coste de construcción - Diseño fácil 	<ul style="list-style-type: none"> - Coste de personal - Baja capacidad productiva - No se puede automatizar - Realiza solo una operación - Utilización de varias matrices
Matrices progresivas	<ul style="list-style-type: none"> - Realiza varias operaciones - Automatizable - Aprovechamiento de chapa - Utilización de una sola matriz 	<ul style="list-style-type: none"> - Inversión alta - Diseño complejo

Por tanto, teniendo en cuenta todos estos aspectos, y conociendo la pieza a fabricar, realizaremos el diseño de una matriz progresiva. Las principales razones son porque necesitamos una matriz que haga más de una operación y por la alta producción anual que necesitamos.

5. Diseño de la matriz progresiva y banda de chapa

5.1 Diseño de la banda

A la hora de llevar a cabo el diseño de la banda de chapa, y sacarle el mayor rendimiento, debemos tener en cuenta unos factores.

Principalmente, debemos tener claro que la disposición de la banda juega un papel importante, que debemos respetar unos márgenes de seguridad entre operaciones y debemos dejar un margen entre pieza y borde del fleje.

La chapa se puede colocar de diferentes maneras: de forma normal horizontal, de forma normal vertical, de manera oblicua o invertida.

- La disposición normal (Figura 13) se suele utilizar cuando se trata de piezas cuyo entorno se puede comprender en un paralelogramo rectángulo.

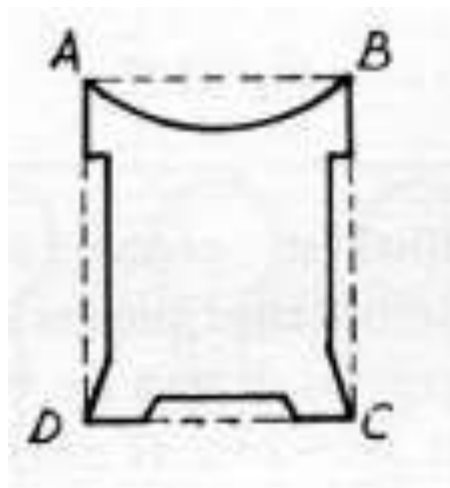


Figura 13. Disposición normal de banda de chapa (Tratado de matricería – Antonio Florit)

- La disposición oblicua, Figura 14, suele ser utilizada cuando se trata de piezas de poca anchura, que se pueden comprender en un triángulo. Esta disposición de piezas está inclinada con relación al borde del fleje. Cabe tener en cuenta que se desperdicia los extremos del fleje.

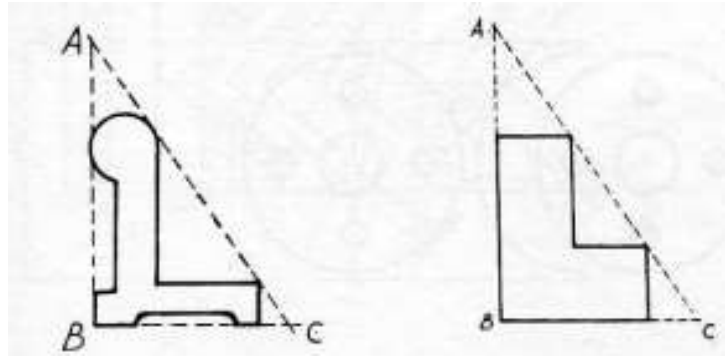


Figura 14. Disposición oblicua banda de chapa (Tratado de matricería – Antonio Florit)

- En la disposición invertida, Figura 15, la posición de las piezas sobre la banda del material se corresponde alternativamente. Esta disposición presenta dificultades como ya pueden ser, pasar el fleje dos veces por el mismo útil corredor, y disponer de un útil corredor equipado con dos punzones, el normal y el invertido.

Existe inversión respecto el eje vertical e inversión respecto el eje horizontal.

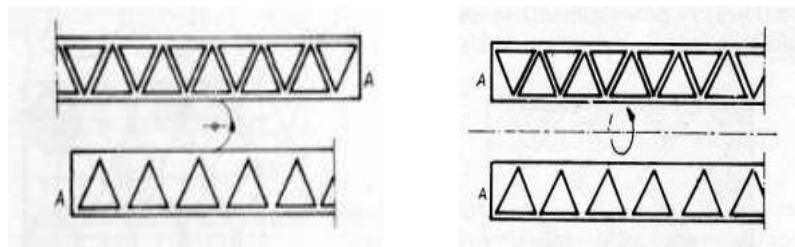


Figura 15. Disposición invertida banda de chapa (Tratado de matricería – Antonio Florit)

Teniendo en cuenta la geometría de nuestra pieza, que llega a parecerse a una forma de un paralelogramo rectángulo, lo más recomendable es utilizar la disposición normal, ya sea vertical u horizontal.

Elegiremos la que mayor rendimiento le podamos dar, ya que a mayor rendimiento mayor aprovechamiento de la chapa, mayor ahorro económico y menor impacto medioambiental.

En este caso hemos optado por **utilizar la disposición vertical**, ya que es la que mejor se adapta a nuestra pieza, y en la que se desperdiciaría menor cantidad de material.

Una vez conocida la disposición vertical de la banda, tenemos que observar si sería mejor una colocación simple o múltiple.

- La disposición simple se utiliza para pequeñas series, y solo va una sola fila de piezas en el fleje, es decir se realiza de una en una pieza.



Figura 16. Disposición simple - una pieza por golpe (Fuente propia)

- La disposición múltiple hay varias filas de piezas situadas en el fleje, Figura 17. Este procedimiento es más costoso ya que requiere un útil cortador de punzones múltiples, pero si la producción es elevada, se acaba amortizando rápidamente los gastos de la matriz.

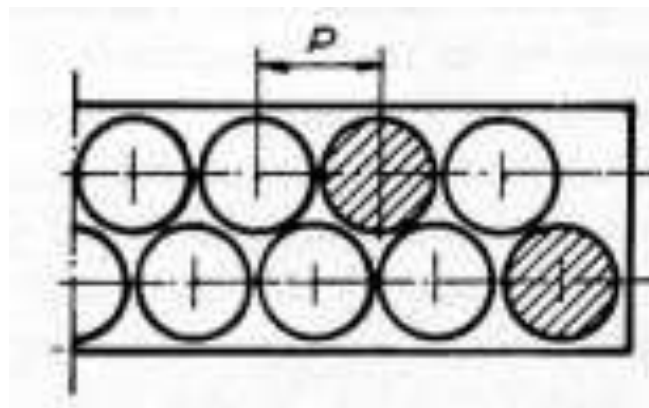


Figura 17. Disposición múltiple - dos piezas simétricas por golpe (Tratado de matricería – Antonio Florit)

Conociendo estos aspectos, por la geometría, dificultad de la pieza y la cantidad de piezas que debemos realizar al cabo del año **nos decantamos por hacer el diseño de la banda con una disposición vertical múltiple**, llevando a cabo dos filas de piezas, ella y su simétrica, tal como se observa en la Figura 18.

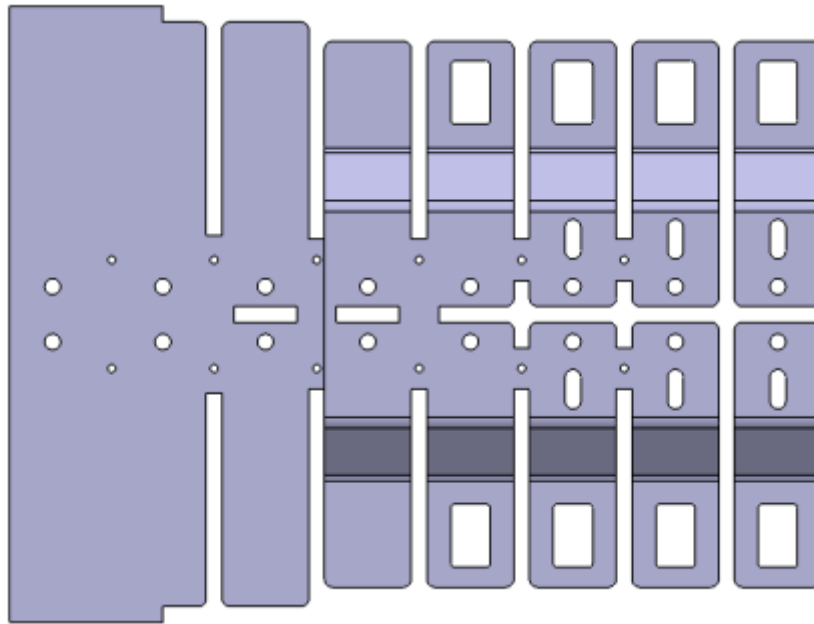


Figura 18. Disposición vertical múltiple de nuestra banda de chapa (Fuente propia)

5.1.1 Separación entre piezas

La separación entre piezas deberá ser lo suficientemente grande como para que el avance de la chapa no se vea comprometido por una chapa debilitada que posteriormente pueda sufrir defectos. Debemos garantizar cierta rigidez de la tira del material.

Si la separación entre piezas fuera menor a la recomendable o menor a lo que debería ser, puede provocar falta de rigidez, y como consecuencia podría provocar incidencias en la propia matriz.

En cambio, si la separación entre piezas fuera excesiva, estaríamos incurriendo en costes innecesarios, ya que estaríamos desaprovechando más material del que deberíamos.

Por tanto, debemos asegurar una separación entre piezas adecuada para el buen funcionamiento de la matriz. Como norma general la distancia mínima entre piezas en una matriz progresiva es la siguiente.

- Separación (S) = $2 \cdot e \geq 1\text{mm}$, si los enfrentados de dos piezas consecutivas son paralelos, es decir que la separación entre piezas es constante, tal y como se observa en la Figura 19.

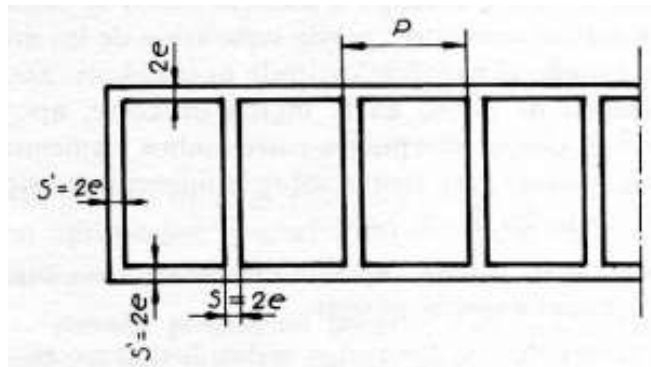


Figura 19. Separación entre piezas paralela y constante (Tratado de matricería - Antonio Florit)

- Separación (S) = $e \geq 1\text{mm}$, cuando la separación mínima entre piezas es puntual, es decir es mínima en un punto determinado, tal como se observa en la Figura 20.

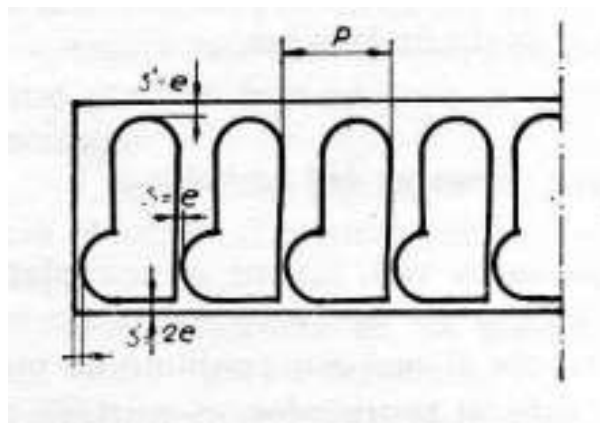


Figura 20. Separación mínima entre piezas puntual (Tratado de matricería - Antonio Florit)

En los dos casos se tiene que garantizar que la separación mínima supere 1 mm.

En nuestro caso la separación entre lados enfrentados de dos piezas consecutivas es constante y paralelo, por tanto, la separación entre piezas será de

$$S = 2 \cdot e \quad (\text{ecuación 1})$$

El espesor de nuestra chapa es de 2 mm, utilizando la ecuación 1, la separación mínima será,

$$S = 2 \cdot e = 4 \text{ mm, y es } \geq 1 \text{ mm. } \checkmark$$

Tal como se observa en la Figura 21.

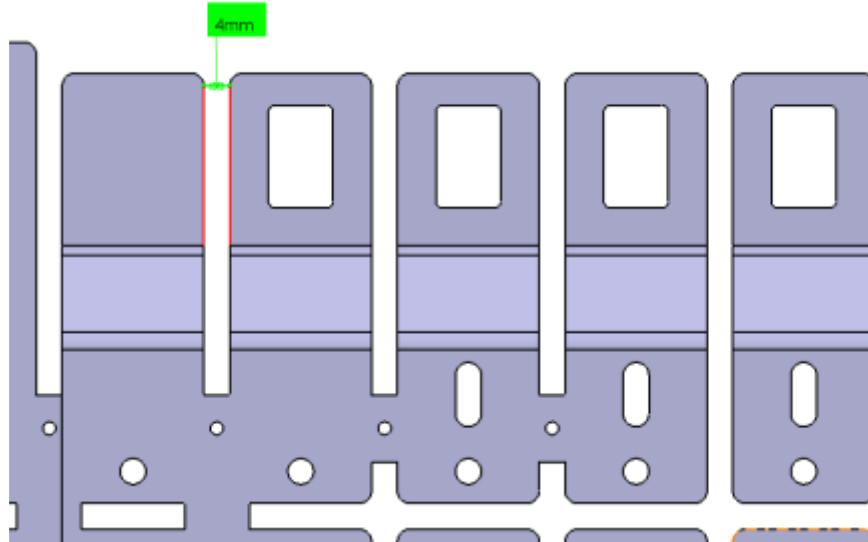


Figura 21. Separación lateral entre piezas consecutivas (Fuente propia)

5.1.2 Separación pieza – borde fleje

Para conocer la separación entre pieza y borde del fleje se procede de la misma manera que para saber la separación entre piezas (Figura 22).

Por tanto, en este caso vuelve a ser una separación puntual, lo que nos da un valor de,

$$S = 4 \text{ mm}$$

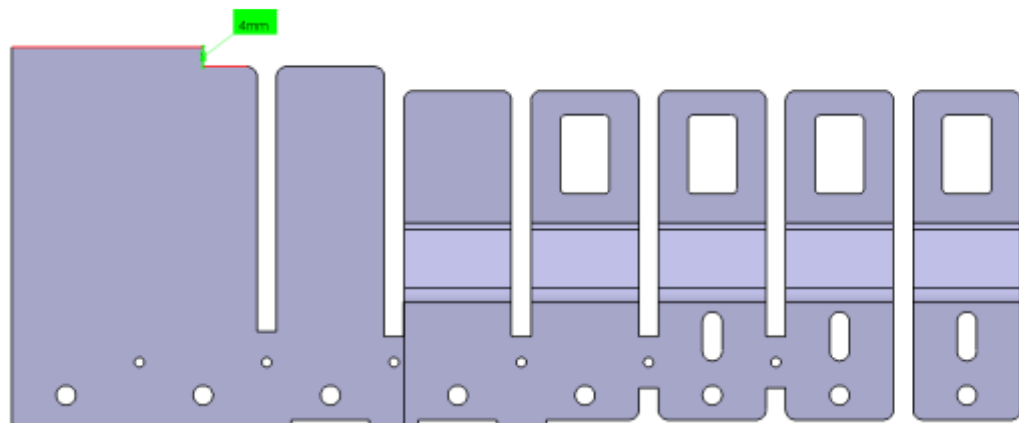


Figura 22. Separación borde de la pieza - fleje (Fuente propia)

5.1.3 Determinación del paso

El paso es la distancia que hay entre dos puntos homólogos de dos piezas consecutivas sobre el fleje. El valor del paso es la distancia que avanza el material entre dos golpes consecutivos de la prensa. Para tener más claro el concepto de paso, véase la Figura 23.

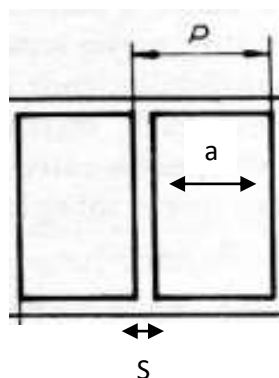


Figura 23. Paso entre dos piezas (Fuente propia)

De forma general el paso se puede calcular con la siguiente expresión

$$\text{Paso (P)} = a + S \quad (\text{ecuación 2})$$

Donde,

a = anchura de la pieza (mm)

S = separación entre piezas (mm)

Reflejando estos conocimientos a nuestra pieza, tal como se observa en la Figura 24, sabiendo que tiene una anchura de 22 mm, y una separación entre piezas de 4 mm, aplicamos la ecuación 2,

$$\text{Paso (P)} = 22 + 4 = 26 \text{ mm}$$

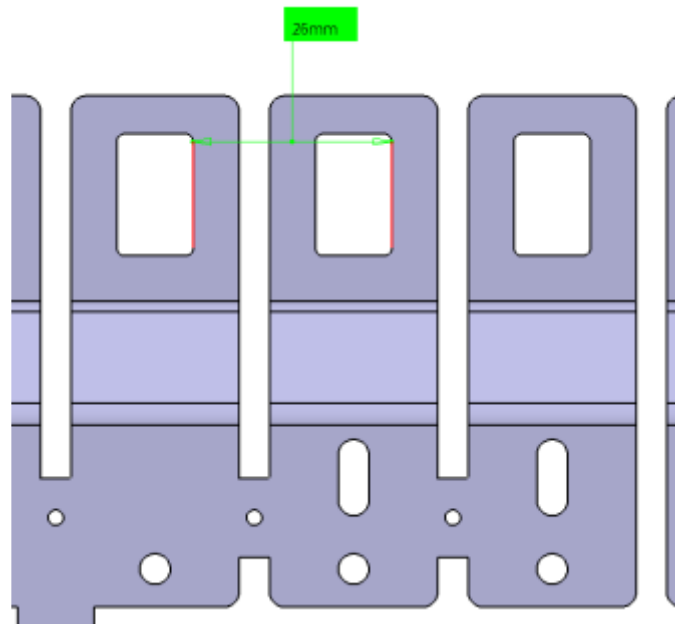


Figura 24. Determinación del paso de la pieza elegida (Fuente propia)

5.1.4 Longitud y anchura de la banda

La longitud y anchura de la banda de chapa tendrán gran importancia, ya que a partir de estos valores conoceremos las dimensiones aproximadas de nuestra base inferior, base intermedia y base superior de la matriz.

La longitud dependerá de las operaciones que realicemos para llegar a la obtención de la pieza final, tal como puede verse en la Figura 25. En este habrá ocho etapas del proceso de fabricación. Por tanto, la longitud de la banda de chapa se puede calcular con la siguiente expresión

$$\text{Longitud (L)} = 2 + 8 \cdot S + 8 \cdot a \quad (\text{ecuación 3})$$

$$\text{Longitud (L)} = 2 + 7 \cdot S + 8 \cdot 22 = 206 \text{ mm}$$

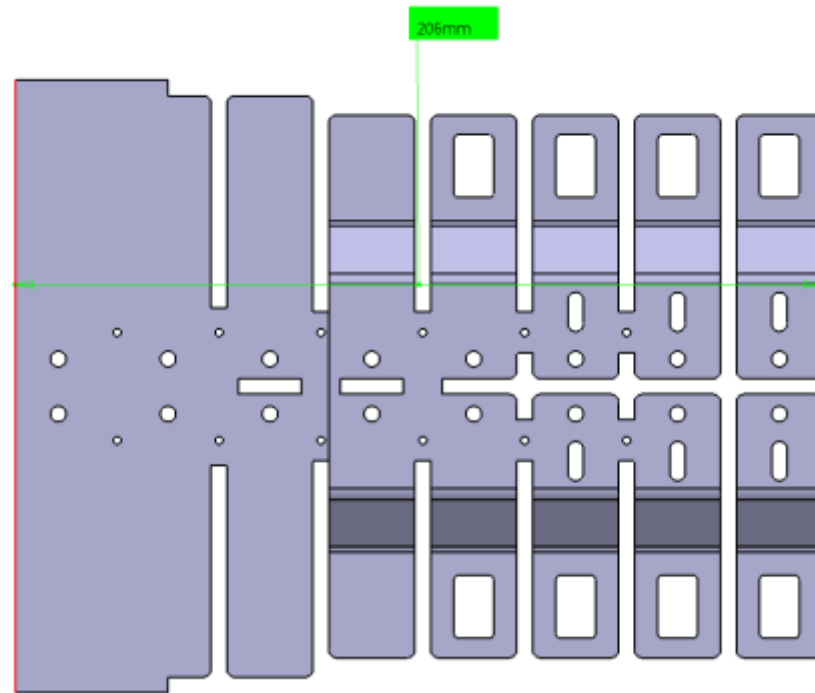


Figura 25. Longitud de la pieza elegida (Fuente propia)

La anchura de la banda tendrá una relación directa con la longitud de la pieza y la distancia de separación entre pieza y fleje (Figura 26). Además, hay que tener en cuenta que realizamos una disposición múltiple, por tanto, habrá dos piezas golpe.

Vemos que tenemos una banda de anchura igual a 156 mm.

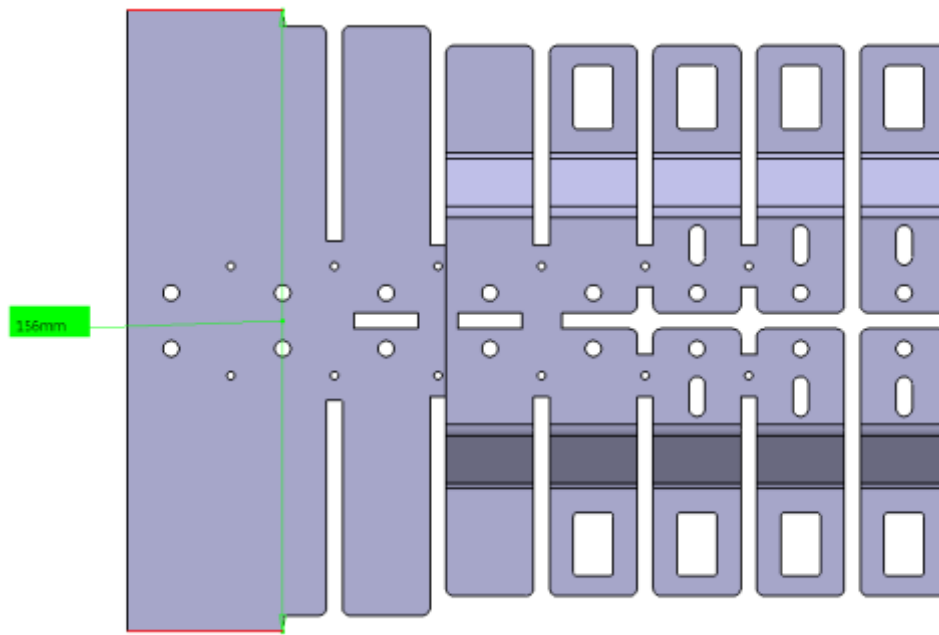
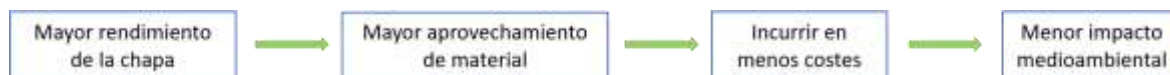


Figura 26. Ancho de la pieza elegida (Fuente propia)

5.1.5 Rendimiento de la chapa

El rendimiento de la chapa es un parámetro muy interesante a conocer desde el punto de vista de desaprovechamiento de material, es decir, del punto de vista económico, y también desde la perspectiva del impacto medioambiental que puede ocasionar. Por tanto,



El rendimiento de la banda de chapa se puede conocer con expresión siguiente

$$\text{Rendimiento de la chapa (\%)} = \frac{\text{Superficie de la pieza}}{\text{Superficie unitaria banda}} \times 100 \quad (\text{ecuación 4})$$

En nuestro caso, Catia nos proporciona el valor de la superficie de la pieza (1384,28 mm²) y la superficie de chapa necesaria para realizar una pieza, se calcula el rendimiento de la chapa mediante el área del rectángulo que comprende la pieza (2028 mm²), utilizando la ecuación 4.

$$\text{Rendimiento de la chapa (\%)} = \frac{1384,38}{2028} \times 100 = 68,26\%$$

Se entiende por un aprovechamiento óptimo de material cuando el valor del rendimiento oscila entre 70 % – 80 %. El valor obtenido de aprovechamiento de chapa de nuestra pieza es de 68,26 %, muy cercano al intervalo de valores óptimos. En este caso el agujero rectangular reduce de manera considerable nuestro aprovechamiento de material.

5.1.6 Etapas del proceso de fabricación

La fabricación de la pieza se realizará en 8 etapas distintas (Figura 27):

1. En la primera etapa entra la banda de chapa a la matriz, guiada por sus guías correspondientes, y se lleva a cabo la operación de punzonado de los dos orificios perfectamente circulares de 4 mm de diámetro. Además, se hace un pequeño orificio de 2 mm de diámetro que se ha situado en la primera operación para que sirvan como pilotos guías de la chapa durante algunas de las operaciones durante la fabricación.
2. En la segunda etapa se realizará la operación de corte de parte de las zonas exteriores de la pieza, para irle dando su forma rectangular deseada antes de realizar cualquier doblado
3. En esta tercera etapa se corta una zona rectangular de la separación entre una pieza y su simétrica.
4. En la cuarta etapa se realiza el doblado central de 45 °.
5. Una vez realizado el doblado de la chapa, se procesa a realizar, en esta quinta etapa, el punzonado del agujero rectangular situado en el extremo de la pieza. Al mismo tiempo, se punzona toda la zona de separación entre una pieza y su simétrica.
6. En la sexta etapa, se punzona el coliso. Tanto el coliso como el agujero rectangular (los dos situados más cerca del doblado), se realizan después del doblado, ya que sino el doblado podría producir una deformación en la geometría de estos dos agujeros.
7. En esta etapa se realiza una etapa en vacío, debido al poco espacio que existiría sino entre punzones.
8. En la octava y última operación, se corta el trozo de chapa que separa dos piezas consecutivas, para acabar obteniendo la pieza deseada.

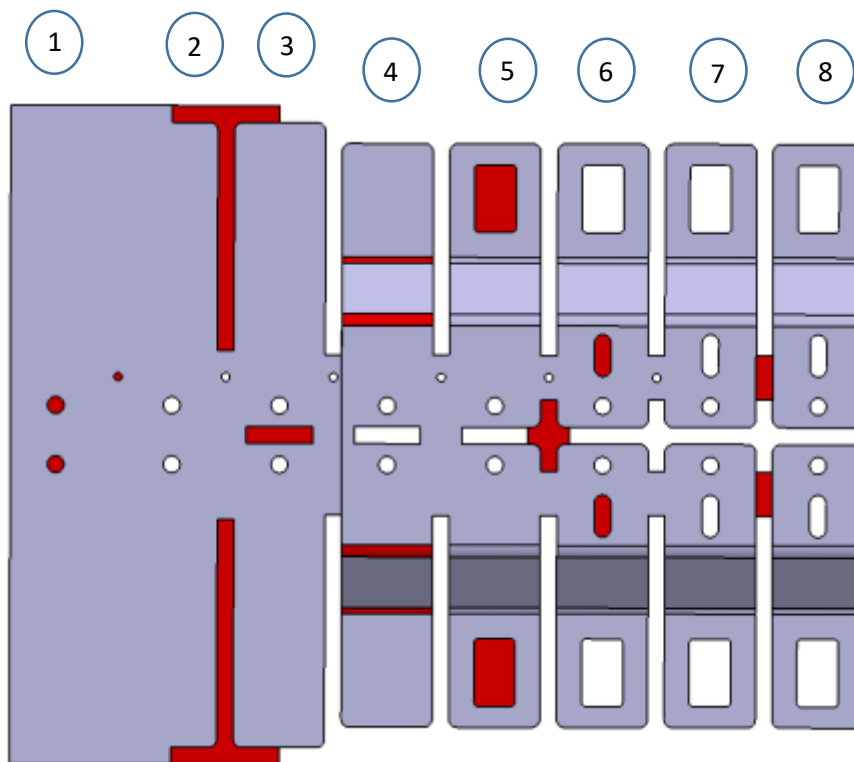


Figura 27. Etapas del proceso de fabricación de la pieza elegida (Fuente propia)

5.1.7 Sistemas de alimentación para la banda de chapa

En los procesos de fabricación de piezas mediante matrices progresivas, es necesario garantizar que la banda de chapa entre de forma constante a la matriz. Para ello es indispensable disponer de un sistema de alimentación para desempeñar esta función.

Existen diferentes sistemas de alimentación para el avance de la chapa, manual y automático.

El avance manual, se encarga un trabajador de hacer avanzar la matriz entre los topes, cada vez que la prensa da un golpe de trabajo. En este caso la cantidad de piezas producidas dependerá de la habilidad del trabajador en avanzar más o menos rápido la chapa por la matriz, es decir, que en general la productividad en este caso es baja.

Además, aumentamos la posibilidad de accidente para ese trabajador.

En cambio, el avance automático tiene un coste mayor de instalación, pero es capaz de producir mucha más cantidad de piezas en el mismo tiempo, es decir tiene una mayor productividad, cosa que a largo plazo hará que se obtengan más beneficios. Además, se disminuye considerablemente

cualquier tipo de error humano. En este caso se dispone de una bobina de gran longitud, de una devanadora que nos ayudara a desenrollar el material y una aplanadora.

Teniendo en cuenta estos pros y contras y que nosotros necesitamos producir una gran cantidad de piezas anualmente, el sistema de alimentación idóneo para nuestra pieza es el automático.

Componentes de un sistema de alimentación automático

Como hemos comentado con anterioridad un sistema de alimentación automático está formado por un alimentador, una devanadora y una aplanadora, véase como ejemplo la Figura 28.

- Devanadora: este dispositivo se encarga de la sujeción y extracción de la bobina chapa de forma segura y asegurando la tensión necesaria, girando el eje central con la ayuda de un motor. La velocidad de giro del eje se introduce de forma manual. Se tiene que situar a una distancia adecuada de la prensa, para que la chapa no sufra deformaciones.
- Aplanadora: este dispositivo recibe la banda de chapa de la devanadora, ya desenrollada. La aplanadora está formada por dos rodillos, que como bien indica su nombre, que se encargan aplanar a la chapa antes de que entre al alimentador y posteriormente a la matriz.
Debe estar situada a una correcta distancia de la devanadora para que no se produzcan defectos en la chapa, a causa de falta de tensión en la banda de chapa.
- Alimentador: es el encargado de regular la entrada de la banda de chapa en la matriz de forma automática. Tiene que garantizar que, entre la misma longitud de chapa en cada ciclo de trabajo, además de que no se produzca retroceso de chapa durante la realización de las operaciones.

El alimentador seleccionado para este trabajo es un alimentador neumático, ya que es de los que trabaja con mayor precisión.

Tendrá que ser adecuado para poder alimentar una chapa de 2 mm de espesor y 145 mm de ancho.

Todos estos dispositivos son independientes, pero actúan de forma coordinada y conjunta.



Figura 28. Sistema de alimentación automático formado por devanadora, aplanadora y alimentador (Fagorarrasate)

5.2 Diseño de la matriz progresiva

Para que el diseño de la matriz sea el adecuado y funcione correctamente deberemos tener en cuenta que finalidad tiene cada componente del que se compone dicha matriz.

Los materiales utilizados para fabricar cada componente, así como el tratamiento térmico que se le aplique y el acabado que tenga, son aspectos a tener en cuenta para optimizar el rendimiento de la matriz a lo largo de su vida útil. Como la fabricación de la matriz tiene tendencia a tener costes elevados, se incorporarán todos los elementos normalizados que sea posible.

El diseño se realizará mediante el programa de diseño Catia V5.

Los objetivos principales que la matriz deberá cumplir son:

- Máxima durabilidad posible
- Buena calidad de todas las piezas que la componen
- Un correcto funcionamiento de todos los elementos, asegurando que cada uno realice su función sin entorpecer al resto de componentes.

Para cumplir con estos objetivos deberemos realizar un buen diseño de la matriz, correcta elección de materiales y tratamientos térmicos y un buen mantenimiento de la matriz para alargar su vida.

La matriz progresiva (Figura 29) consta de dos partes distinguibles: una parte fija, sujeta a la mesa de la prensa y, otra parte móvil solidaria al cabezal que une la prensa con la parte superior de la matriz.

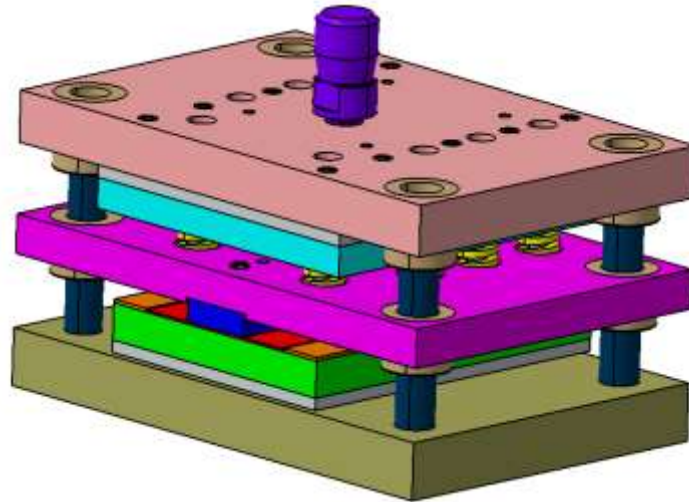


Figura 29. Matriz progresiva diseñada (Fuente propia)

La parte móvil de la matriz se desplaza 15 mm hasta que la placa pisadora entra en contacto con la banda de chapa y, después se desplaza 10 mm más, comprimiéndose los muelles, para que los punzones sobrepasen la chapa y se realicen las operaciones que correspondan. Una vez realizado el corte o doblado, la parte móvil retrocede hasta la posición inicial.

5.2.1 Componentes

Cada elemento del que está compuesto la matriz, está diseñado de una manera determinada para que lleve a cabo su función de una manera correcta. A continuación, se detallará el diseño en Catia de cada uno ellos.

- PLACA SUPERIOR

La placa superior (Figura 30) se encarga de soportar todos los elementos de la parte móvil que forman la matriz, mediante tornillos y pasadores. Además, en su parte superior dispone de un agujero roscado, donde estará situado el vástago, el cual une la matriz al cabezal de la prensa.

El conjunto de la base o placa superior, de la placa guía punzones y de la base o placa inferior, corresponden al conjunto de Portamatrices de acero Modelo D de la empresa INMACISA.

La placa será de acero F112, sin tratamiento térmico específico y tiene unas medidas de 300x450x42 (mm). La placa normalizada ya viene con los cuatro agujeros, donde se situarán los casquillos para guiar la matriz mediante las columnas guía adecuadas.

Se tiene que realizar el diseño de 10 agujeros para los tornillos, 4 agujeros para los pasadores y 8 agujeros para los tornillos limitadores.

Para más información véase el Anexo.

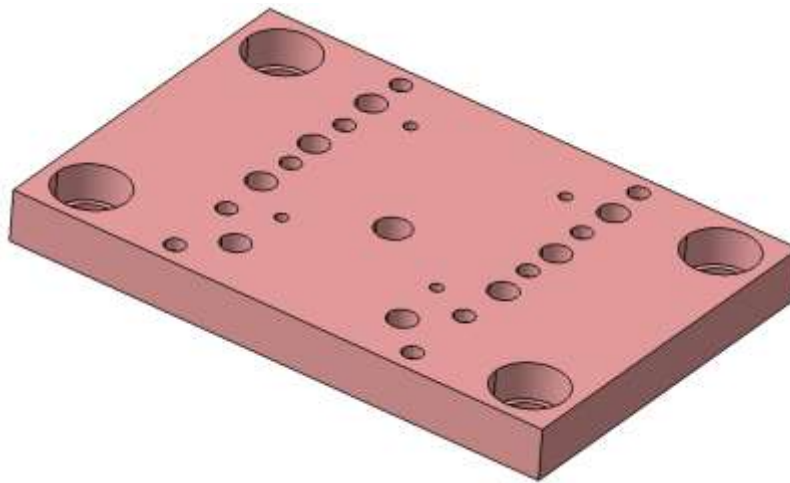


Figura 30. Placa superior de la matriz progresiva diseñada (Fuente propia)

El diseño de toda la placa superior se ha realizado en el Módulo de Catia Part Design, realizando los Sketch correspondientes y, posteriormente, realizando la extrusión del perfil dibujado, realizando los agujeros para los pasadores y después para todos los tornillos, utilizando los comandos Pad, Pocket y Hole, respectivamente.

- SUFRIDERA SUPERIOR

El útil deberá llevar una sufridera (Figura 31) entre la placa superior y el porta punzones. Su función es absorber los esfuerzos producidos por los golpes al realizar las operaciones de corte y doblado. Es un elemento indispensable para este tipo de matrices, previniendo daños en otros elementos del útil.

La sufridera superior será de acero F5210, sometiéndola a un tratamiento térmico de temple y revenido para que obtenga la dureza deseada 56 – 58 HRC. Sus medidas son de 300x272x10 mm. Las dos caras, tanto superior como inferior, irán rectificadas.

Se tiene que realizar el diseño de 4 agujeros para pasadores y 10 agujeros para tornillos que unen la placa superior, la sufridera superior y la placa porta punzones, y 8 agujeros para los tornillos limitadores de los muelles.

Para más información véase el Anexo.

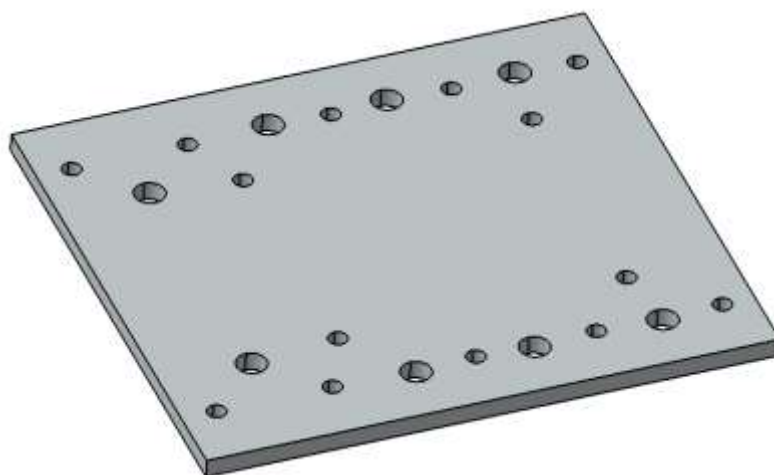


Figura 31. Placa sufridera superior de la matriz progresiva diseñada (Fuente propia)

Para llevar a cabo el diseño de la sufridera superior, se ha trabajado en el Módulo de Part Design, realizando los Sketch correspondientes y utilizando el comando de Pad para darle volumen, el comando Pocket y Hole para realizar los agujeros para los pasadores y tornillos respectivamente.

- PLACA PORTA PUNZONES

La función de la placa porta punzones (Figura 32) es alojar los diferentes punzones de la matriz, asegurando de que su posición quede fija en todo el proceso de fabricación, y se desplace de manera solidaria a la placa. Para anclar el punzón a la placa porta punzones se ha optado por realizar un librado en la placa donde queda encajada la cabeza del punzón, así cuando esté montada la matriz y disponga por la parte superior de la sufridera y placa superior, éstos quedarían fijados por completo. Los punzones irán fijados a la placa porta punzones con un ajuste H7-g6.

El material de la placa porta punzones ser acero F112, sin tratamiento térmico y con un acabado superficial XXX. Las dimensiones de la placa son 300x272x25 mm.

Se tiene que realizar el diseño de la placa porta matrices, con sus respectivos huecos para introducir los cabezales de los punzones, así como los agujeros para 10 tornillos, 8 tornillos limitadores y 4 pasadores.

Para más información véase el Anexo.

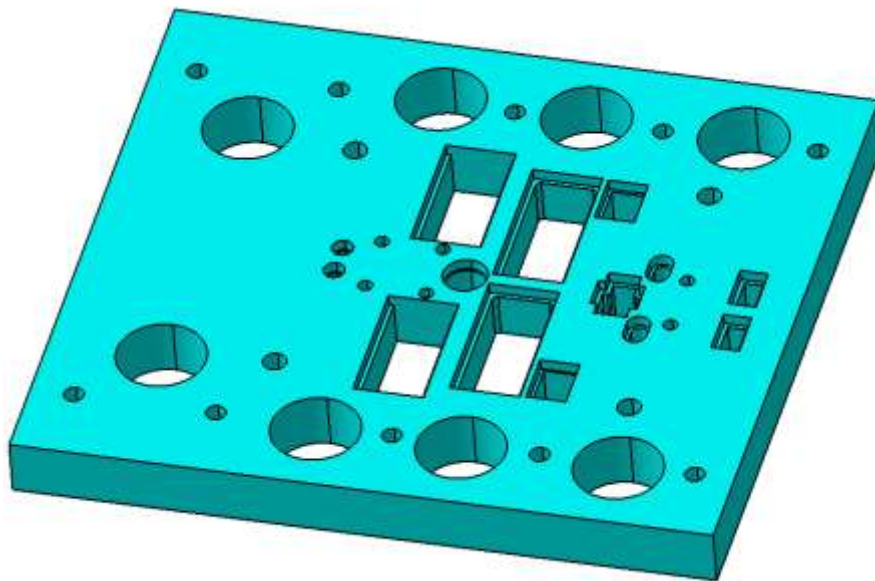


Figura 32. Placa porta punzones de la matriz progresiva diseñada (Fuente propia)

Su diseño se ha realizado con el Módulo de Part Design, realizando los Sketch de los perfiles correspondientes y utilizando los comandos de Pad, Pocket y Hole para su extrusión, y para realizar los agujeros de pasadores y tornillos respectivamente. También se puede realizar todos los orificios presentes en la placa con operaciones booleanas, como ya son Remove, Add, Assemble, etc.

- PUNZONES

Durante todo el proceso de fabricación se necesitarán 12 punzones de corte, 6 punzones de posicionamiento y 2 punzones de doblado. La mayoría de ellos tendrán unas dimensiones de 100 mm, excepto alguno que tendrá unas dimensiones de 113,72 mm. Además, gran parte de los punzones

necesitaran de un refuerzo para evitar pandeos y roturas, tal como se verá en apartados posteriores (Fuerzas de corte).

Al ser elementos que entraran en contacto directo con la chapa, es importante que dispongan de una dureza elevada, es por eso, que se les realiza un tratamiento térmico de temple y revenido para obtener una dureza de 60 – 62 HRC.

Todos los punzones serán a construir, no hay ninguno de ellos normalizado, ya que necesitan refuerzos, y los proveedores ofrecen punzones sin refuerzos en su longitud. Por tanto, asumiremos un coste mayor en la fabricación de estos punzones.

Los diferentes punzones que dispone la matriz son los siguientes:

- Punzón circular (Figura 33) para realizar orificios de 4 mm de diámetro, que se utilizará en la primera etapa de corte. Dispondremos de 2 punzones como éste de 100 mm de longitud, con refuerzo circular, para generar dos agujeros circulares que sirvan para poder sujetar la pieza al armario deseado.



Figura 33. Punzón circular (Fuente propia)

- Punzón de posicionamiento de la chapa (Figura 34), para centrar la chapa y asegurar de que este en la posición correcta cada vez que se realice una operación. La función de éstos es de gran importancia para evitar piezas defectuosas.

Al tratarse de punzones de posicionamiento de la chapa, se necesita que sean ligeramente más largos que los demás para poder centrar la pieza antes de cortarla o doblarla. Por tanto, deben tener una longitud de 103 mm, con un refuerzo circular en su cuerpo.

Se disponen de 6 punzones como éste.



Figura 34. Punzón de posicionamiento de la chapa (Fuente propia)

- Punzón en forma de T (Figura 35), con la finalidad de realizar la separación parcial entre dos piezas consecutivas. Se necesitan 2 punzones como éste, con una longitud de 100 mm cada uno.

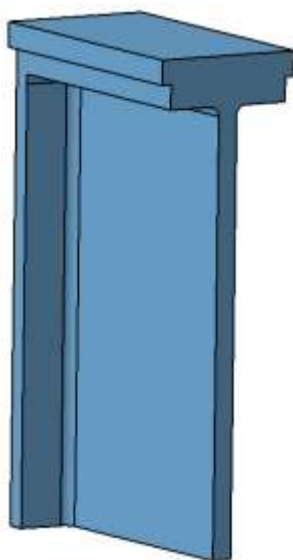


Figura 35. Punzón en forma de T (Fuente propia)

- Punzón rectangular (Figura 36), encargado de separar las piezas simétricas. Se necesita solamente 1 punzón como éste, de 100 mm de longitud con un refuerzo circular en su cuerpo.



*Figura 36. Punzón rectangular
(Fuente propia)*

- Punzón de doblado (Figura 37), es el encargado de hacer el doblado de 45º que tiene la pieza en su centro. Se necesitarán 2 punzones como éste, con una altura máxima de 108,75 mm en su extremo del doblado y un pequeño refuerzo para garantizar buena precisión.

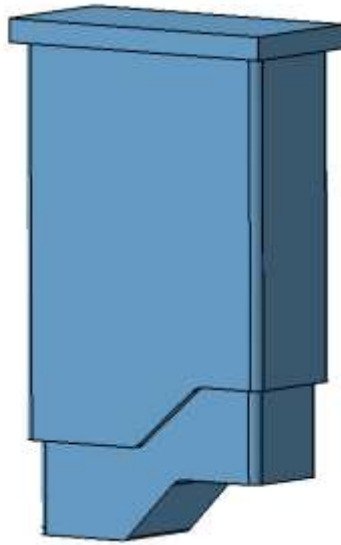


Figura 37. Punzón de doblado (Fuente propia)

- Punzón rectangular (Figura 38), encargado de realizar el orificio en forma de rectángulo en la parte extrema de la pieza. Este punzón necesitará una altura de 113,72 mm, ya que esta operación se realiza en la zona ya doblada, por tanto, debe tener una altura de 13,72 mm (altura del doblado) más que el resto. Se necesitan 2 punzones como éste.

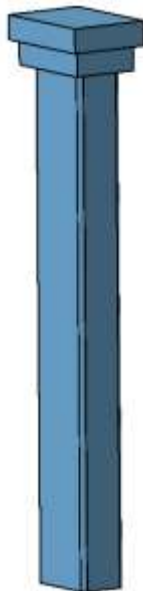


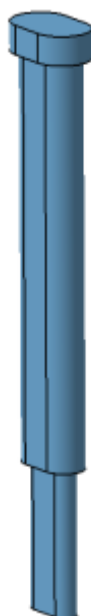
Figura 38. Punzón rectangular (Fuente propia)

- Punzón en forma de cruz (Figura 39), encargado de separar totalmente las piezas simétricas. Este punzonado se realiza en la parte superior del doblado, por tanto, necesitaremos solamente 1 punzón como este de 100 mm de longitud, añadiéndole un refuerzo para evitar posibles pandeos.



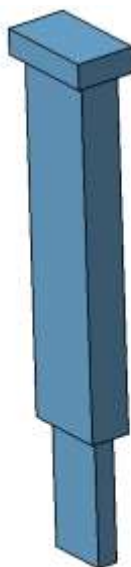
Figura 39. Punzón en forma de cruz (Fuente propia)

- Punzón coliso (Figura 40), encargado de realizar el coliso para que la pieza pueda sujetarse bien al armario en su futuro uso. Se necesitan 2 punzones como éste de 100 mm de longitud cada uno con un refuerzo en forma de coliso.



*Figura 40. Punzón coliso
(Fuente propia)*

- Punzón separación final (Figura 41), encargado de punzonar el ultimo trozo de material sobrante para la obtención de la pieza final. Se necesitan 2 punzones como éste de 100 mm de longitud cada uno con un refuerzo rectangular.



*Figura 41. Punzón separación
final (Fuente propia)*

Para más información sobre las dimensiones de los punzones, así como sus acabados, etc., véase el Anexo.

El diseño de los punzones se ha llevado a cabo en el Módulo de Part Design del Catia realizando todos los perfiles necesarios y utilizando el comando de Pad, Remove, etc.

- PLACA GUIA PUNZONES

La placa guía punzones (Figura 42) forma parte de la parte móvil de la matriz y sus funciones principales son las siguientes: soportar la placa pisadora mediante unos tornillos y pasadores y, de guiar los punzones durante el proceso de corte y doblado, evitando el pandeo.

Así como la placa superior y la placa inferior, la placa guía punzones corresponde al conjunto Portamatrices Modelo D de la empresa INMACISA.

La placa será de acero F112, sin tratamiento térmico específico y tiene unas medidas de 300x450x32 (mm). La placa normalizada ya viene con los cuatro agujeros, donde se situarán los casquillos para guiar la matriz mediante las columnas guía adecuadas.

Además, se tiene que realizar el diseño de 4 agujeros para los tornillos, 2 agujeros para los pasadores y 8 agujeros para el apoyo de los tornillos limitadores y sus resortes. También será necesario realizar el espacio para guiar cada punzón. En la cara inferior de la placa guía punzones deberá haber un librado de 4 mm para poder colocar la placa pisadora.

La posición de esta placa vendrá dada por los tornillos limitadores, los cuales nos aseguraran una separación máxima entre la parte intermedia y superior de la matriz.

Para más información véase el Anexo.

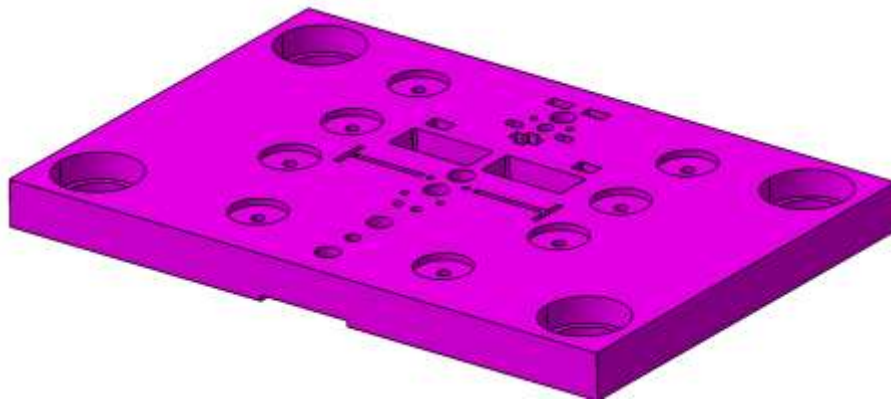


Figura 42. Placa guía punzones de la matriz progresiva diseñada (Fuente propia)

El diseño de la placa guía punzones se ha llevado a cabo de igual manera que la placa superior, teniendo en cuenta la nueva posición de cada agujero. Además, los orificios para que los punzones pasen se han realizado mediante Sketch y Pocket, en el Módulo de Part Design.

- PLACA PISADORA

La placa pisadora (Figura 43) está situada debajo de la placa guía punzones. Sus funciones principales son:

- Pisar la banda de chapa para asegurar que se mantenga plana y fija durante el proceso de corte y doblado
- Asegurar la chapa, manteniéndola fija, mientras los punzones se retiran hacia arriba. Sino realizará esta función, los punzones podrían llegar a arrastrar a la chapa hacia arriba durante su extracción.

Esta placa irá fijada a la parte móvil de la matriz mediante unos tornillos limitadores los cuales están envueltos por resortes. La fuerza mínima que la placa pisadora tiene que realizar sobre la banda de chapa corresponde a la fuerza de extracción calculado anteriormente, lo cual se determinara con los resortes normalizados escogidos.

El material de la placa pisadora será acero F114, sin tratamiento térmico. Tiene una geometría variante en sus lados, pero las dimensiones máximas de sus lados son de 300x156,4x32,72 mm. Sus dos caras estarán rectificadas ya que están en contacto directo con otros elementos importantes de la matriz.

Se han diseñado los espacios para que quepan los punzones, con una holgura de 0,2 mm, ya que vendrán perfectamente guiados por la placa guía punzones. Además, necesitara 4 agujeros para los tornillos y 2 agujeros para pasadores.

Como se puede observar en la Figura 43, el primer tramo es más ya que es la entrada de la banda y en ese tramo no se realizan operaciones. En su parte intermedia dispone de dos placas rectangulares 13,72 mm más larga, ya que es la operación de corte después del doblado, la cual se realiza a más altura que el resto de operaciones

Para más información véase el Anexo

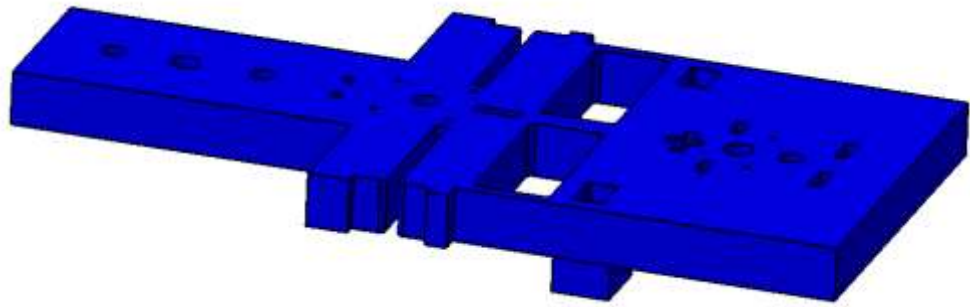


Figura 43. Placa pisadora de la matriz progresiva diseñada (Fuente propia)

Se ha realizado el diseño mediante el módulo de Part Design de Catia, realizando los Sketch necesarios para la creación de esta placa. Se han utilizado los comandos de Pad, Fillet, Pocket, Hole, para darle volumen a la placa, realizar los agujeros de los pasadores y punzones, redondear zonas deseadas y para los agujeros roscados de los tornillos, respectivamente.

- GUÍAS DE BANDA

Las guías de banda (figura 44) son dos reglas colocadas sobre la matriz de forma paralela entre ellas. Su objetivo es guiar transversal y longitudinalmente a la banda de chapa por el interior de la matriz durante todo el proceso de fabricación.

En el caso de esta matriz, disponemos de 2 bandas superiores simétricas, que guiarán la chapa desde que entra a la matriz hasta la operación antes del doblado. Y a continuación, tenemos 2 guías de banda con menos longitud, situadas desde la parte del doblado hasta la última operación. Esto es así ya que cuando se produce el doblado una parte de la chapa baja 13,72 mm hacia abajo, es por eso que necesitamos la segunda guía para continuar guiando la chapa hasta el final.

La separación entre guías simétricas será del ancho de banda más una tolerancia de 0,2 mm, para permitir a la banda fluir sin atascos, ya que si no hubiera tolerancia habría peligro de que la banda quedará atascada y quedara frenada a causa de posibles curvaturas o rebabas.

Para facilitar la entrada de la chapa a la matriz, se ha diseñado un librado de 35° a la entrada de las guías con un redondeo de 2 mm en las esquinas, para facilitar la entrada de chapa.

El material utilizado para estas guías es acero F114, con un tratamiento térmico de temple revenido y nitrado, lo que impedirá un desgaste excesivo y prematuro de las paredes de las guías y, además, conseguir una dureza de 56 – 58 HRC.

Estas bandas son a construir, y en ellas se ha taladrado 8 agujeros para pasadores y 8 agujeros cónicos para la cabeza de 8 tornillos.

Para más información véase el Anexo.

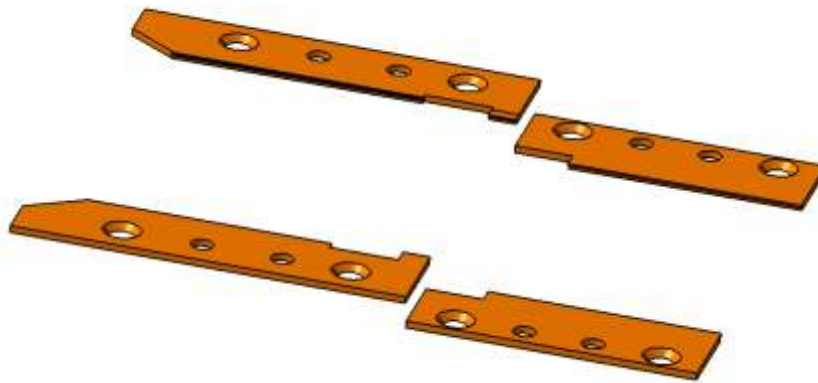


Figura 44. Guías de la banda de chapa diseñada (Fuente propia)

El diseño se ha realizado en el Módulo de Catia Part Design y Generative Shape Design, utilizando los comandos correspondientes como ya pueden ser, Pad, Pocket, Hole, Split, Remove, Fill, Extract, Multi-Extract, Corner etc.

- PLACA MATRIZ

La placa matriz es la parte más importante de un utillaje, junto a los punzones. En su cara superior se han diseñado los espacios suficientes para cada punzón, por donde pasaran y por donde se expulsará el material sobrante. Las dimensiones de estos agujeros para los punzones deberán ser muy precisas ya que si fueran más grandes se podrían producir arranque de pieza y se obtendría un mal acabado, en cambio si fuera ligeramente más pequeño, el punzón no sería capaz de pasar y expulsar el retal.

Para asegurar la salida de retales sin ocasionar posibles atascos, se ha diseñado una vida de la matriz de 3 mm, es decir, a partir de los 3 mm de la cara superior de la matriz se ha librado cada agujero por donde saldrá el retal 0,6 mm, para asegurar su correcta expulsión (Figura 45).

Además, se han taladrado 8 agujeros para los pasadores correspondientes, y 8 agujeros roscados para los tornillos correspondientes para sujetar la placa matriz, el pisador y las guías de banda a la base inferior.

La matriz tendrá dos alturas diferentes, como se puede observar en la Figura 45, la altura a la que la chapa entrará, que le llamaremos a cero, y una altura de -13,72 mm por donde pasará la chapa una vez doblada. También puede observarse una rampa en la operación de doblado, donde se le dará en ángulo deseado a la pieza.

En el tramo final de la placa matriz se observa una pequeña rampa para que las piezas ya separadas caigan por gravedad a un recipiente para poder almacenarlas.

La cara superior de la placa matriz estará rectificada para disponer de unas condiciones óptimas de trabajo. La cara inferior también deberá estar rectificada ya que irá en contacto con la sufridera inferior.

El espesor de la placa matriz, generalmente, es 15 veces más grande que el espesor de chapa. En este caso el espesor de chapa son 2 mm, por tanto, el espesor de la matriz es de 30 mm. Así, las medidas de la placa matriz son 300x228x30 mm.

Para esta placa se utilizará el acero F5211, aplicándole un tratamiento térmico de temple y revenido, consiguiendo una dureza de 60 – 62 HRC.

Para más información véase el Anexo.

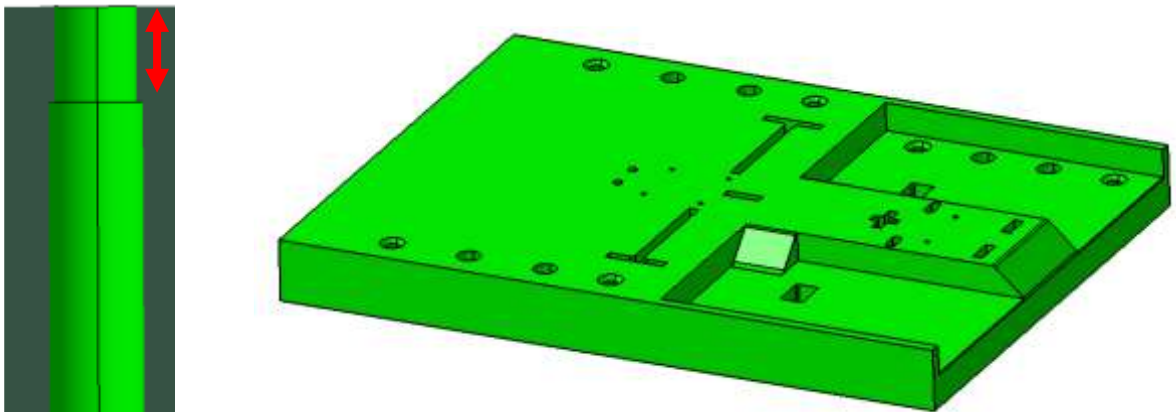


Figura 45. Vida de la matriz - del primer punzonado y placa matriz de la matriz progresiva diseñada, respectivamente (Fuente propia)

El diseño de la placa matriz se ha realizado en el Módulo de Catia Part Design y Generative Shape Design. Se han realizado los Sketch correspondientes, dándole un volumen deseado con el comando Pad, realizando planos para poder utilizar el comando Split y desechar el trozo a librar. También se han utilizado comandos como Hole, Pocket, Fillet, Symmetry, etc.

- SUFRIDERA INFERIOR

El útil deberá llevar una sufridera entre la placa matriz y la placa inferior (Figura 46). Su función es absorber los esfuerzos producidos por los golpes al realizar las operaciones de corte y doblado. Es un elemento indispensable para este tipo de matrices, previniendo daños en otros elementos del útil.

Se tiene que realizar el diseño de 8 agujeros para pasadores y 8 agujeros para tornillos que unen toda la parte fija de la matriz. Además, se tendrán que diseñar los espacios necesarios para que caiga el material cortado.

La sufridera superior será de acero F5210, sometiéndola a un tratamiento térmico de temple y revenido para que obtenga la dureza deseada 56 – 58 HRC. Sus medidas son de 300x228x10. Tanto la cara superior como inferior estarán rectificadas.

Para más información véase el Anexo.

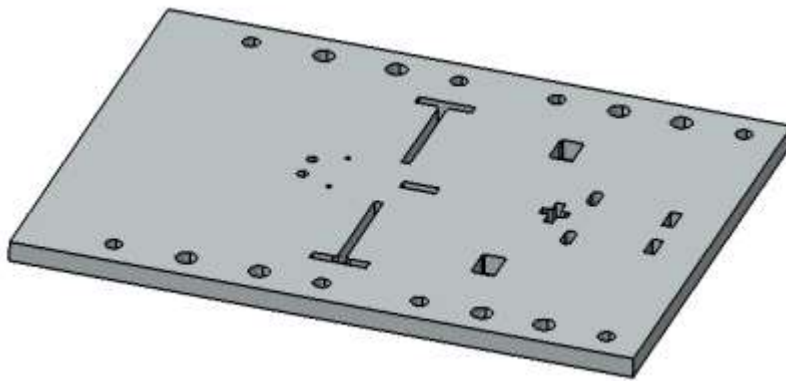


Figura 46. Placa sufridera inferior diseñada (Fuente propia)

Para llevar a cabo el diseño de la sufridera superior, se ha trabajado en el Módulo de Part Design, realizando los Sketch correspondientes y utilizando el comando de Pad para darle volumen, el comando Pocket y Hole para realizar los agujeros para los pasadores y tornillos respectivamente. También se han utilizado comandos como Symmetry, Edge Fillet, entre otros.

- PLACA INFERIOR

La placa inferior (Figura 47) es el elemento situado en la parte más baja de la matriz y su principal función es sujetar todo el utillaje, apoyarlo sobre la prensa y absorber todos los esfuerzos producidos por la misma prensa.

La placa inferior forma parte de la parte fija de la matriz, por tanto, estará sujeta a la prensa, y en ella se fijarán la sufridera inferior, la placa matriz, bandas de chapa, etc. mediante tornillos y pasadores.

Al igual que la placa superior y la placa guía punzones, la placa inferior proviene del conjunto Portamatrices Modelo D de la empresa INMACISA.

La placa será de acero F112, sin tratamiento térmico específico y tiene unas medidas de 300x450x47 (mm). La placa normalizada ya viene con los cuatro agujeros, donde se situarán las columnas guía para guiar la matriz. Los diámetros de los agujeros para las columnas guía son dos de 30 mm y dos de 32 mm, para impedir montarla al revés por error.

La placa dispone de los librados necesarios para que salgan los retales por la parte inferior de la matriz, así como los agujeros necesarios para 8 tornillos y 8 pasadores.

Para más información véase el Anexo.

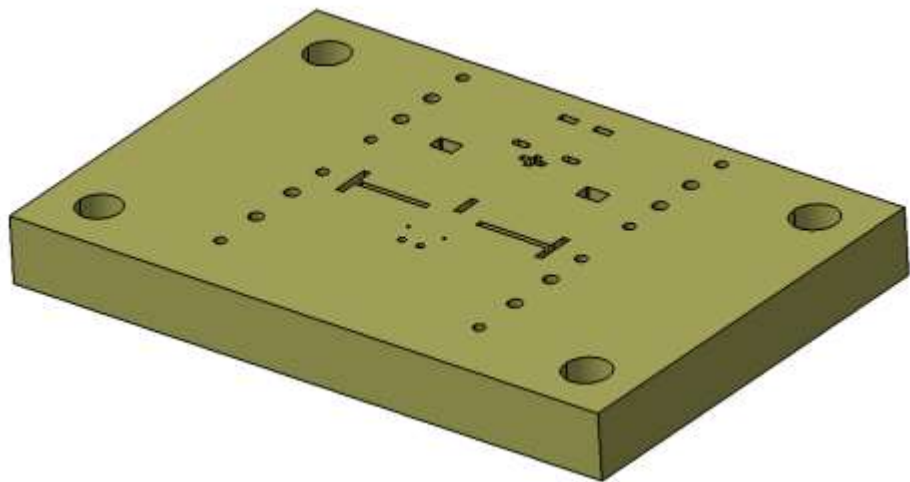


Figura 47. Placa inferior de la matriz progresiva diseñada (Fuente propia)

El diseño de la placa inferior también se ha diseñado con el Módulo de Catia Part Design, realizando los Sketch necesarios donde la geometría de los punzones lo pide, y utilizando comandos como Extrude, Pad, Symmetry, Pocket, etc.

- CASQUILLOS GUÍA

Son piezas cilíndricas que forman parte del sistema de guiado y alineado de un utillaje. Se necesitan 8 casquillos guía, 4 de ellos irán sujetos a la placa superior y los otros 4 irán sujetos a la placa guía punzones.

Tenemos diferentes tipos de casquillos en nuestra matriz (Figura 48):

- 2 Casquillos largos de diámetro interior 32 mm
- 2 Casquillos largos de diámetro interior 34 mm
- 2 Casquillos cortos de diámetro interior 32 mm
- 2 Casquillos cortos de diámetro interior 34 mm

Estos casquillos serán a construir ya que son piezas pequeñas y se necesita que sean de unas dimensiones y material en concreto que no se ha encontrado en ningún proveedor.

El material de estos casquillos será de bronce al aluminio con grafito, ya que favorecerá a la reducción de vibraciones del útil durante su funcionamiento, además, que no requerirá de gran mantenimiento.

Para más información véase el Anexo.

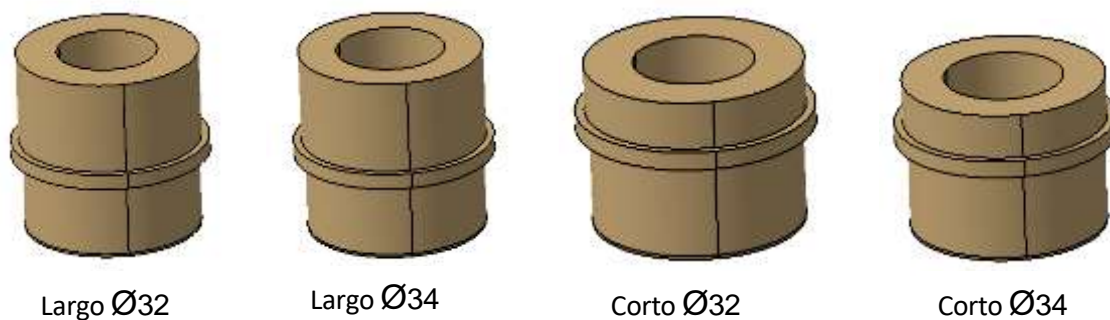


Figura 48. Casquillos guía diseñados (Fuente propia)

- COLUMNAS GUÍA

Las columnas guías son elementos cilíndricos que juntamente con los casquillos guía se encargan de alinear todos los elementos de la matriz.

Las columnas guía no deben ser desmontables así que irán clavadas a la placa inferior de la matriz. Para ello se sumergirán en nitrógeno líquido, lo cual les produce una contracción y reducción de su diámetro. Se colocan a la altura deseada y se espera a que se caliente, cosa que hará que vuelva a su diámetro inicial y quede bien fijada a la placa.

La superficie de las columnas guía han de ser totalmente lisa, es por eso que se han elegido Columnas lisas de la empresa INMACISA con una longitud de 220 mm.

Se necesitarán 4 columnas guía, 2 de diámetro 30 mm y 2 de diámetro 32 mm (Figura 49).

Para más información véase el Anexo.

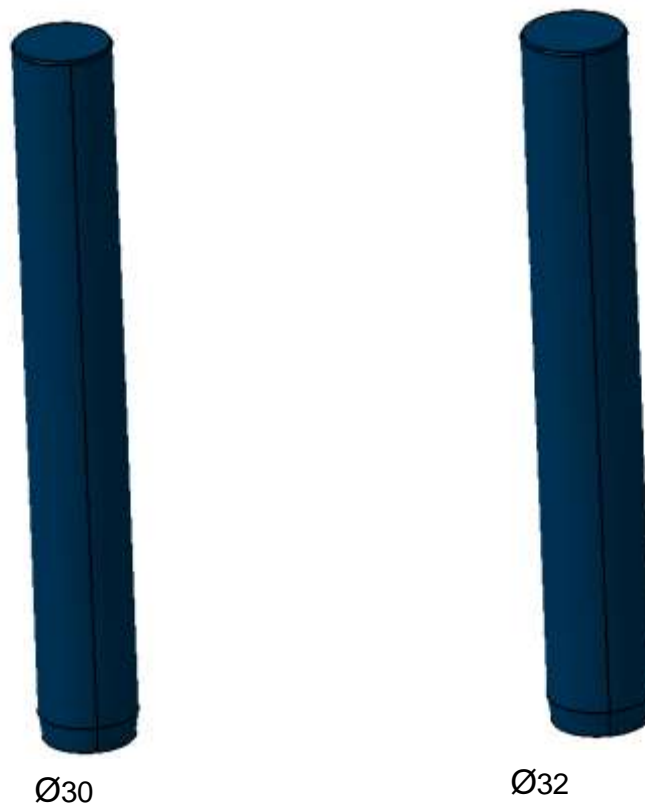


Figura 49. Columnas guías (Fuente propia)

- MUELLES

En todo proceso de conformado de chapa interviene una placa pisadora, es por eso que se tienen que incorporar al útil elementos elásticos para transmitirle la fuerza. Como elementos elásticos existe la posibilidad de muelles, elastómeros o cilindros de gas, pero la opción más económica son los muelles.

En nuestra matriz utilizaremos 8 muelles. Para llevar a cabo la elección de los muelles, deberemos saber cuál será la fuerza que deberán soportar, que será la fuerza de extracción de los punzones ($F_{ext} = 42737,6048 \text{ N}$). Al colocar 8 muelles, cada uno aguantará una carga de 5342,2006 N.

Los muelles deberán estar precargados un 5%, para evitar la posibilidad de una carga de impacto y el aumento de vibraciones, que podrían provocar la ruptura de los muelles. Al escoger unos muelles de 50mm de longitud, la precarga será de 2,5 mm.

Por otro lado, deberemos saber la carrera que tendrán los punzones, la cual será de 10 mm. Es por eso que cuando la matriz se encuentre en su punto muerto superior los muelles estarán comprimidos 2,5 mm, mientras que cuando la matriz este en su punto muerto inferior, los muelles estarán comprimidos 12,5 mm.

Debemos encontrar la constante K que deben resistir los muelles, para ello:

$$F_{muelle} = K \cdot \Delta x \quad (\text{ecuación 5})$$

Utilizando la ecuación 5 y despejando,

$$K = \frac{5342,2006}{12,5} = 427,37$$

Simplificando, los muelles que necesitaremos deberán tener una constante elástica igual o mayor a 427,37 y poder trabajar a una compresión de 12,5 mm.

Simplificando, los muelles serán normalizados, de sección rectangular (Figura 50). Colocaremos 8 muelles de la empresa INMACISA, con un diámetro de orificio 38 mm y unas varillas de 19 mm de diámetro. Su longitud será de 50 mm.

Para más información véase el Anexo.

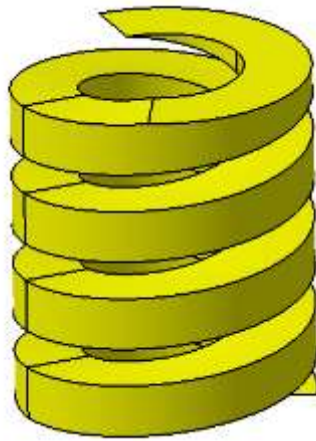


Figura 50. Muelles (Fuente propia)

- TORNILLOS LIMITADORES

Los tornillos limitadores estarán situados concéntricos a los muelles por su interior. Habrá tantos tornillos limitadores como muelles hay, por tanto, dispondremos de 8 tornillos limitadores. Su función principal será guiar los muelles longitudinalmente mientras trabajan.

Este elemento será normalizado de la empresa INMACISA (Figura 51).
Para más información véase el Anexo.



Figura 51. Tornillo limitador (Fuente propia)

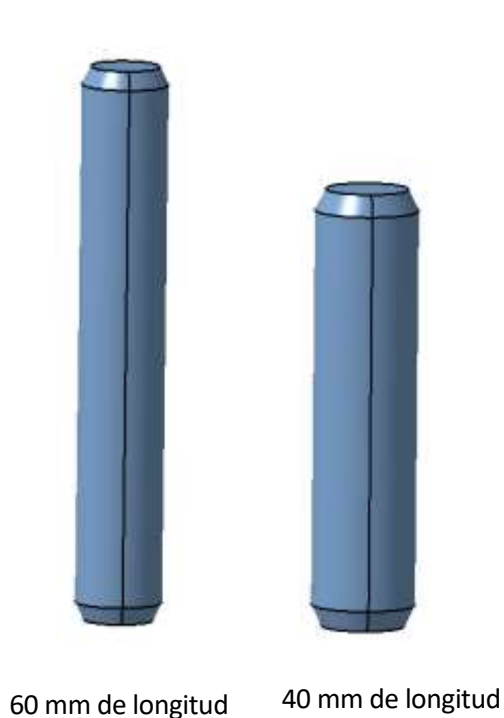
- PASADORES

Los pasadores son unas columnas cilíndricas que posicionan los diferentes elementos sobre los que va montado, dentro de un agujero escariado y ajustado a presión.

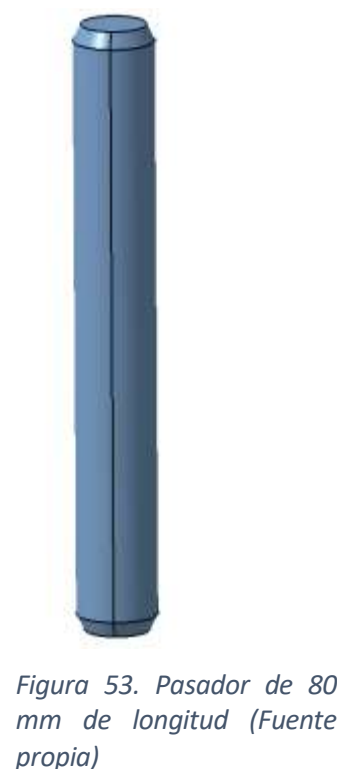
Todos los pasadores normalizados colocados serán DIN 6325, habrá 10 en total, 8 de ellos de 60 mm de longitud y 2 de ellos de 40 mm de longitud (Figura 52).

A más a más, habrá 4 pasadores más de 80 mm de longitud DIN 6325. (Figura 53).

Para más información véase el Anexo.



*Figura 52. Pasadores normalizados
(Fuente propia)*



- TORNILLOS

Los tornillos son los elementos de fijación más utilizados en matricería. Por general, suelen ser tornillos de rosca métrica de cabeza cilíndrica allen, aunque a veces también se utilicen de cabeza cilíndrica de altura reducida o de cabeza cónica.

Todos los tornillos de esta matriz son normalizados (Figura 54):

- 4 tornillos DIN 912, de M10x40, situados en la parte móvil de la matriz entre la placa pisadora y la guía punzones.
- 10 tornillos DIN 912 de M12x70, uniendo la base superior con la sufridera superior, y estas dos a la placa porta punzones.
- 4 tornillos avellanados DIN 7991 de M8x70, uniendo la parte fija de la matriz, guías de chapa, placa matriz, sufridera inferior y base inferior.
- 4 tornillos avellanados DIN 7991 de M8x80, uniendo la parte fija de la matriz, guías de chapa, placa matriz, sufridera inferior y base inferior.

Para más información véase Anexo.

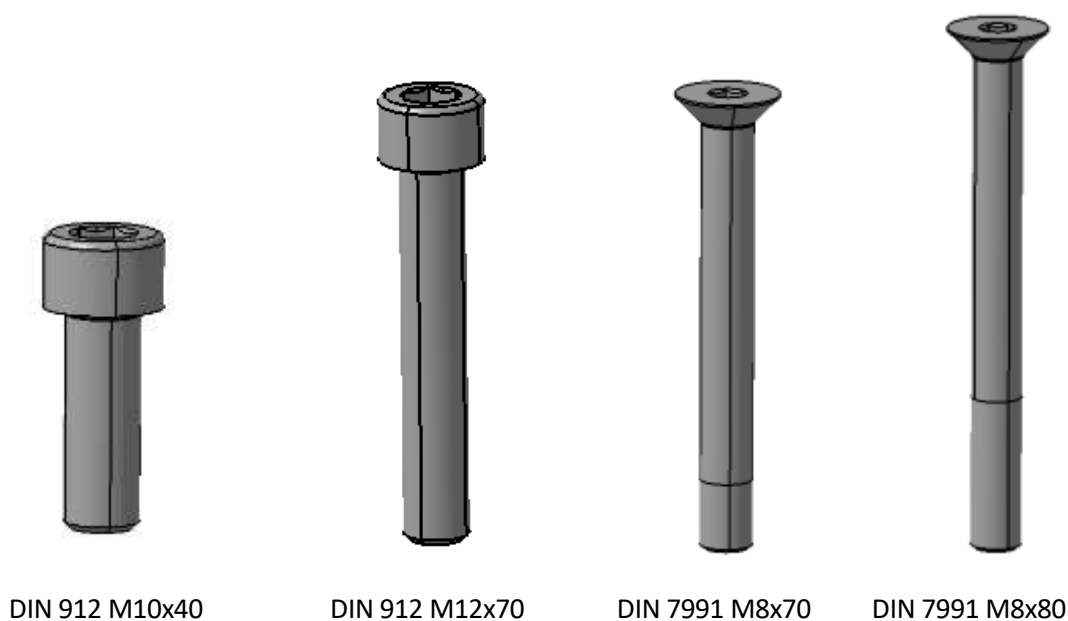


Figura 54. Tornillos (Fuente propia)

• VÁSTAGO

El vástago sirve para fijar la parte móvil del utillaje al cabezal de la prensa. Se trata de una pieza cilíndrica que va roscada a la base superior, en la cara que está en contacto con la prensa. Al no ser una matriz de dimensiones muy grandes el vástago será suficiente para fijar la parte móvil de la matriz a la prensa.

La posición del vástago en la superficie de la placa superior no es aleatoria. Su posición viene dada por el centro de gravedad resultante de sumar todas las fuerzas que actúan sobre el útil. Es importante posicionar el vástago correctamente sino podrían producirse desequilibrios en los movimientos.

La posición del vástago se puede calcular mediante el programa de diseño Catia, la cual nos facilita que el vástago estará en $X = -20,25$ mm del centro.

Para conocer las dimensiones del vástago, nos ayudamos de la tabla 4 que relaciona la fuerza de la prensa en toneladas con el diámetro del vástago.

Tabla 4. Fuerza de la prensa - Diámetro vástago (Tratado de matricería - Antonio Florit)

Fuerza de la prensa (Tn)	5	8	10	15	20	30	40	60
Diámetro del vástago (mm)	25	25	30	35	35	40	40	45

La fuerza que ejercerá la prensa será

$$F_{\text{prensa}} = 1,2 \cdot (F_{\text{corte}} + F_{\text{muelles}}) \quad (\text{ecuación 6})$$

$$F_{\text{prensa}} = 1,2 \cdot (427,3760 + 42,7376)$$

$$F_{\text{prensa}} = 564,1363 \text{ kN} = 57,5259 \text{ Tn}$$

Por tanto, el diámetro de nuestro vástago será de 45 mm. Al querer elegir un vástago normalizado en la empresa FIBRO, vemos que según las dimensiones de sus vástagos debemos coger un vástago de diámetro 50 mm.

En resumen, como la fuerza de la prensa será de 57,5259 Tn, el vástago elegido será normalizado de la empresa FIBRO con código 211.12.50.030 y una rosca de M30x2 (Figura 55).

Para más información véase el Anexo.



Figura 55. Vástago (Fuente propia)

5.2.2 Parte superior

La parte superior (Figura 56) forma parte de la zona móvil de la matriz, se mueve solidariamente con la prensa, gracias al vástago que une la placa superior con el cabezal de la prensa.

En esta zona es donde los punzones están fijos para poder realizar tanto las funciones de corte como de doblado. Además, hay cuatro agujeros en los extremos con sus casquillos correspondientes para poder alinear la matriz.

Los elementos que forman parte de la parte superior de la matriz progresiva son los siguientes:

- Placa superior
- Placa sufridera superior
- Placa porta punzones

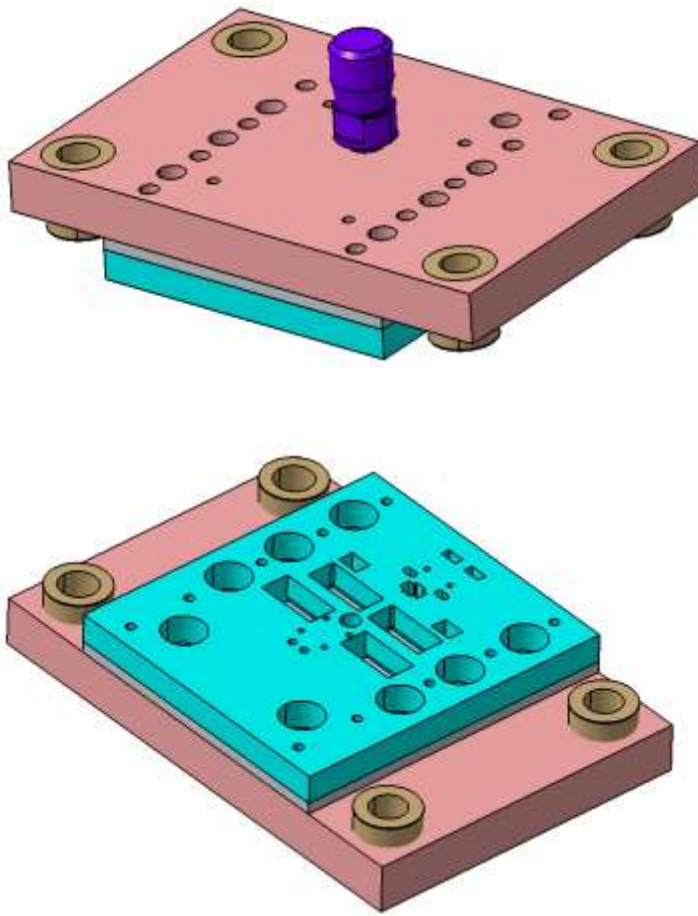


Figura 56. Parte superior de la matriz progresiva diseñada ensamblada (Fuente propia)

5.2.3 Parte intermedia

La parte intermedia (Figura 57), también forma parte de la zona móvil de la matriz progresiva. Se mueve solidariamente con la parte superior gracias a tornillos, pasadores y tornillos limitadores que llevan incorporados unos muelles elásticos circulares.

En esta zona los punzones están guiados para poder llevar a cabo las operaciones de corte y doblado con más precisión.

Además, presenta cuatro agujeros a los extremos con sus casquillos guía para alinear la matriz progresiva mediante columnas guía

Los elementos que forman parte de la parte intermedia de la matriz progresiva son los siguientes:

- Placa guía punzones
- Placa pisadora

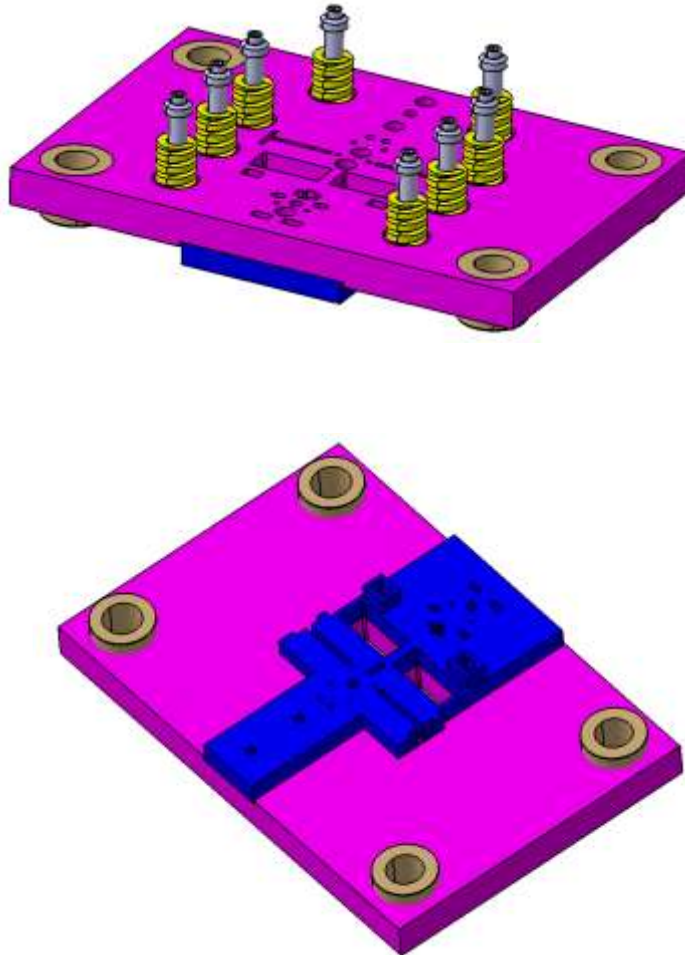


Figura 57. Parte intermedia de la matriz progresiva diseñada ensamblada (Fuente propia)

5.2.4 Parte inferior

La parte inferior de la matriz (Figura 58) forma parte de la zona fija de ésta. Esta fija a la prensa mientras toda la parte móvil se mueve hacia ella.

En esta zona se aloja la banda de chapa, la que irá sufriendo diferentes operaciones hasta la obtención de la pieza final. Por esta zona se expulsarán todos los retales.

Además, dispone de cuatro agujeros en los extremos para poder alinear la matriz mediante columnas guía.

Los elementos que forman parte de la parte intermedia de la matriz progresiva son los siguientes:

- Placa inferior
- Placa matriz
- Banda de chapa
- Bandas de guía

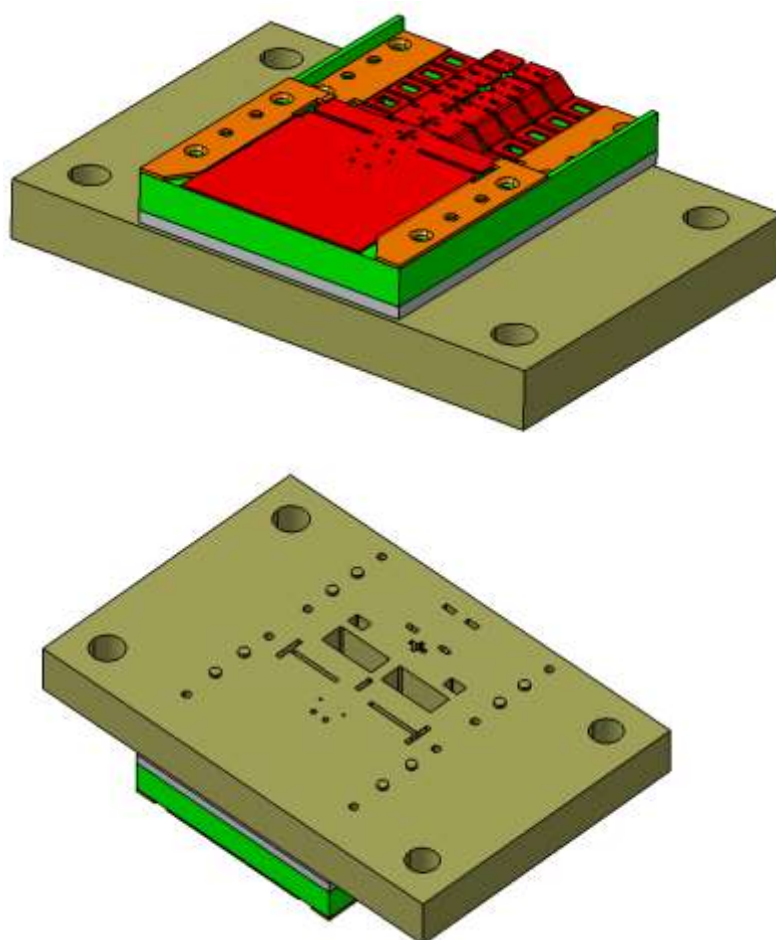


Figura 58. Parte inferior de la matriz progresiva diseñada ensamblada (Fuente propia)

6. Operaciones

6.1 Corte

6.1.1 Fenómeno y descripción de un proceso de corte

Para efectuar una operación de corte correctamente es necesario disponer de los siguientes elementos:

- Materia prima, elemento de donde se sacará la pieza, siempre está bajo formas de chapa o fleje.
- Útil cortador, es la herramienta capaz de realizar la operación de corte. Está compuesto por un punzón que ajusta a una matriz de corte, la chapa se coloca entre ambos elementos. Cuando el punzón desciende ejerce fuerza sobre la chapa hasta cortarla.

El proceso de corte se basa en la separación o sustracción de una parte de material, mediante unos punzones de corte, tal como se ve en la Figura 59. Se puede desglosar en diferentes partes:

- Los punzones estarán sujetos a la placa porta punzones. Inicialmente la matriz se encuentra abierta, y se colocara la chapa de material entre matriz inferior.
- Al accionar la prensa, el cabezal inicia el descenso, y el pisador se encarga de fijar la chapa, ejerciendo una determinada presión, para que ésta permanezca inmóvil.
- Justo antes de acabar la carrera del cabezal, el punzón ejerce presión sobre la chapa, hasta que logra cortarla.
- Una vez realizado el corte, donde el punzón se encuentra dentro de la matriz, el cabezal empieza a retroceder, liberando la matriz, haciendo que el punzón vuelva a su posición inicial y el material cortado caiga.
- Una vez el cabezal ha retrocedido hasta la posición inicial, empieza otro ciclo.

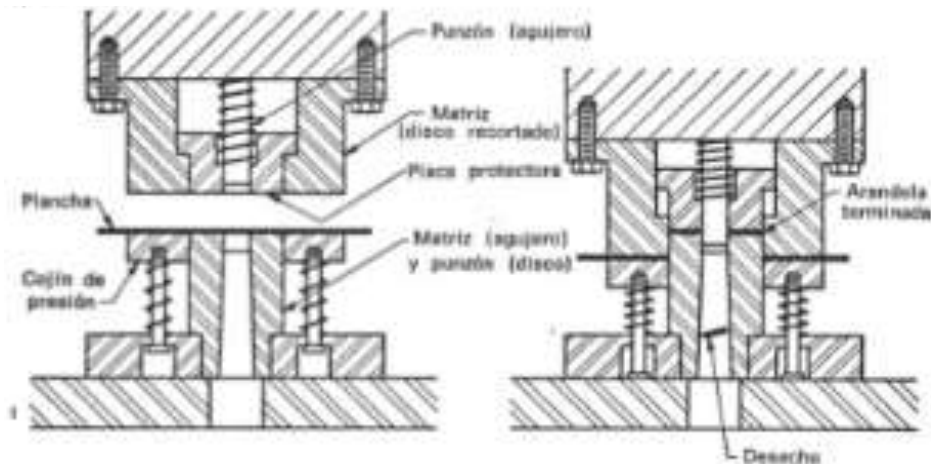


Figura 59. Proceso de corte (Tratado de matricería - Antonio Florit)

6.1.2 Efectos del corte en la chapa

Durante el proceso de corte el material permanece inmóvil sobre la matriz, aunque deben conocerse los cambios físicos que se producen en la chapa desde que el punzón entra en contacto en ella, hasta que punzona hasta la rotura del material sobrante.

Como se observa en la Figura 60, primeramente, el punzón entra en contacto con la chapa, justo después de que ésta quede totalmente fijada mediante el pisador. El punzón incide sobre la chapa, de manera perpendicular al sentido de las fibras del material, ejerciéndole una presión la cual produce una deformación plástica, ya que se ha superado el límite elástico de éste.

A medida que el punzón continua su penetración, sus fibras continúan siendo comprimidas, hasta que se supera su tensión de rotura y se produce su rotura, normalmente cuando el punzón ha incidido un tercio del espesor de la chapa. En este momento aun no se ha separado la chapa.

Finalmente, se separa el material sobrante de la chapa cuando el punzón ha incidido totalmente en todo su espesor.

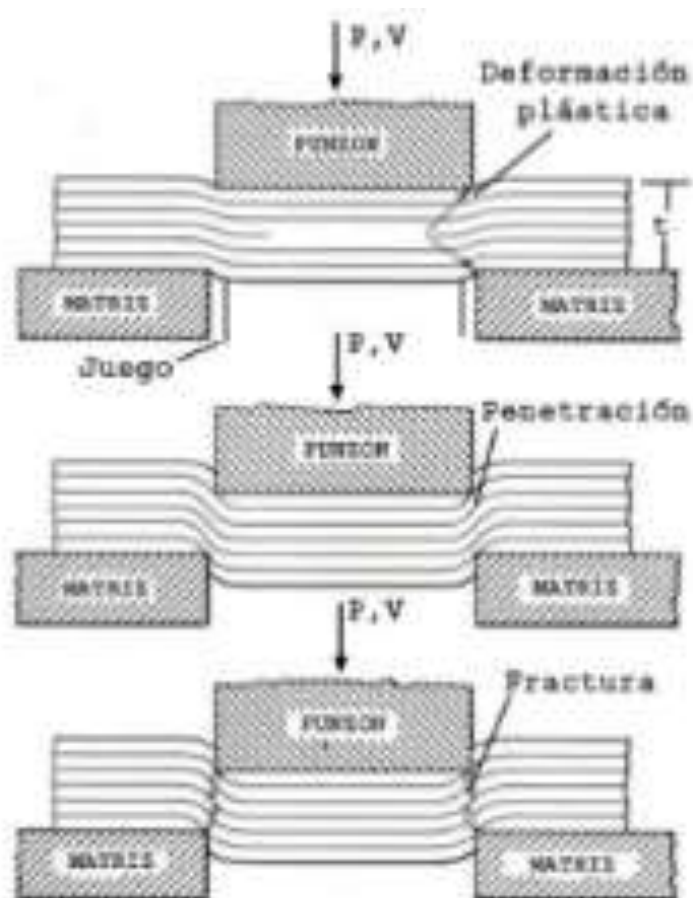


Figura 60. Efectos del corte en la chapa (Universidad de los Andes - Facultad de Ingeniería)

6.1.3 Tolerancias de corte

La tolerancia de corte de una matriz es la holgura que se deja entre punzón y matriz (Figura 61), con la finalidad de facilitar la expansión del material a causa de la presión de los elementos cortantes sobre la chapa y conseguir un buen contorno de corte en la pieza final. Sin una tolerancia de corte correcta, la calidad de las piezas obtenidas bajará considerablemente. La franquicia de corte se repartiría simétrica por las dos caras del punzón.

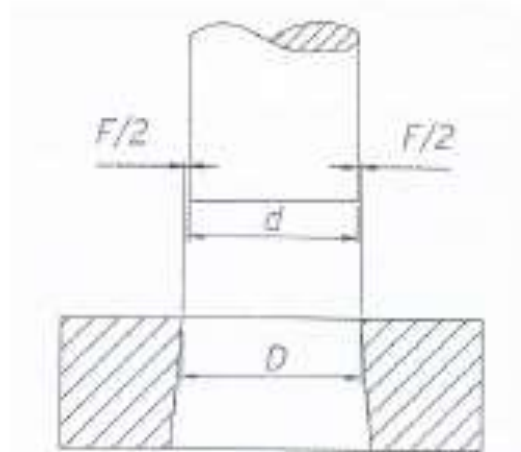


Figura 61. Holgura entre punzón y matriz (Tratado de matricería - Antonio Florit)

Una tolerancia de corte demasiado amplia podría permitir una fluencia del material excesiva y provocará que no se produzca la compactación necesaria de las fibras para la ruptura de la chapa, esquematizado perfectamente en la Figura 62. En estos casos las piezas tendrían un contorno de corte poco definido, incluso con rebabas o pequeñas partículas de material que se pueden ir acumulando en diferentes elementos de la matriz y producir una posible ruptura.

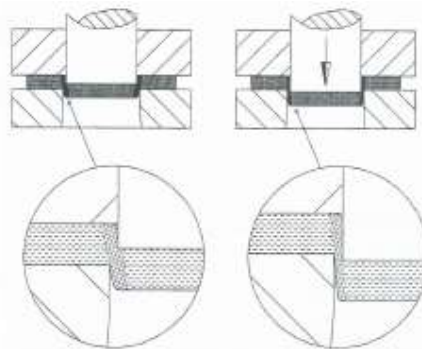
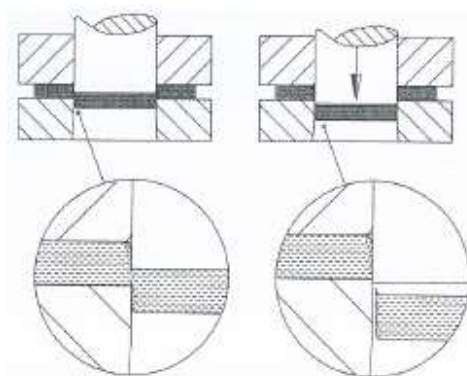


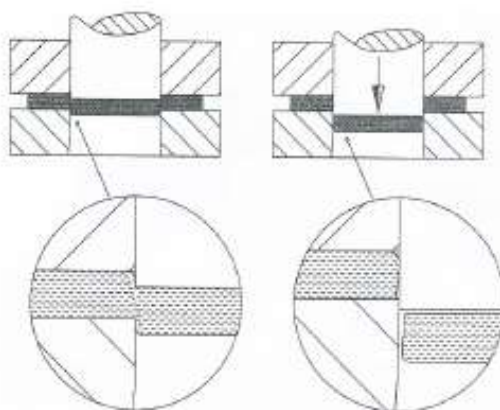
Figura 62. Efecto tolerancias de corte excesivas (Tratado de matricería - Antonio Florit)

En caso de que la tolerancia de corte fuera menor a la requerida, no permitiría que se produzca expansión del material provocando una excesiva laminación en la pared de corte (Figura 63). En este caso se producirían fuerzas en sentido radial sobre los punzones, los cuales podrían salir perjudicados.



*Figura 63. Efecto de tolerancia de corte pobre
(Tratado de matricería - Antonio Florit)*

Cuando la tolerancia de corte sea la correcta, tal como se observa en la Figura 64, conseguiremos que la fluencia de material sea la idónea, obteniendo un contorno de corte perfectamente definido y con una pared de laminación correcta. No aparecería ningún imprevisto como aparecía anteriormente, ni posibles rebabas ni fuerzas radiales que provocan la ruptura de los elementos cortantes.



*Figura 64. Efecto de tolerancia de corte correcta
(Tratado de matricería – Antonio Florit)*

La tolerancia que dejaremos no siempre se aplica en el mismo elemento. Si se tiene que recortar el contorno exterior de una pieza, la matriz tendrá una medida nominal y será en el punzón donde restaremos la franquicia, de manera que éste será más pequeño que las dimensiones de la pieza.

En cambio, si se quiere realizar un punzonado interior, el punzón tendrá una medida nominal y será la matriz a quien se le sumará la tolerancia.

Los valores de franquicia de corte que dejaremos entre punzón y matriz dependerán de la resistencia de corte del material de la chapa y de su espesor, se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5. Franquicias de corte en función de la resistencia del material (Tratado de matricería - Antonio Florit)

Resistencia de corte (kg/mm ²)	Factor de tolerancia
< 10	0,01 · e
11 – 25	0,03 · e
26 - 39	0,05 · e
40 – 59	0,07 · e
60– 99	0,09 · e
>100	0,10 · e

Como el material utilizado es el acero laminado 0,2% C, y sabiendo que su resistencia al corte es de 32 kg/mm², podremos conocer el factor de tolerancia con la expresión:

$$T_c = 0,05 \cdot e \quad (\text{ecuación 7})$$

Si sustituimos en la ecuación 7 el espesor de nuestra chapa, la cual es de 4 mm, quedará la siguiente tolerancia:

$$T_c = 0,05 \cdot 4 = 0,2 \text{ mm}$$

En el caso de la matriz progresiva diseñada en este trabajo se dejarán todas las tolerancias en la matriz, y serán los punzones quienes tengan su valor nominal.

6.1.4 Fuerzas de corte

Es la fuerza que se necesitará para poder conseguir la separación total de un trozo de material de la chapa mediante la presión que un punzón realizará sobre la superficie de la chapa.

La fuerza de corte es directamente proporcional a la resistencia de corte del material, al espesor y al perímetro de la figura geométrica del orificio en cuestión o lo que es lo mismo el perímetro de la superficie de contacto entre el punzón y la chapa. Por tanto, podemos saber la fuerza de corte mediante la expresión

$$F_c = K_c \cdot p \cdot e \quad (\text{ecuación 8})$$

Siendo,

F_c = fuerza de corte (N)

K_c = resistencia al corte (32 kg/mm², 314 N/mm²)

P = perímetro

e = espesor de la chapa

Nuestra matriz progresiva dispone de diferentes tipos de punzones, por lo que habrá que calcular la fuerza de corte que efectuará cada uno de ellos, utilizando la ecuación 8, para posteriormente saber la fuerza de corte total de la matriz diseñada.

- Punzón centrador de 2 mm de diámetro

$$F_c = 314 \cdot 2\pi \cdot 1 \cdot 2$$

$$F_c = 3945,84 \text{ N}$$

Durante el proceso de fabricación se realizan dos operaciones de corte con este punzón, ya que es una disposición múltiple y también se hace la simétrica. Por tanto, la fuerza de corte de estos dos punzones será

$$F_c = 7891,68 \text{ N}$$

- Punzones circulares de diámetro 4 mm

$$F_c = 314 \cdot 2\pi \cdot 2 \cdot 2$$

$$F_c = 7891,68 \text{ N}$$

Como la matriz es de disposición múltiple y se hacen también las piezas simétricas, disponemos de dos punzones de este tipo, por tanto,

$$F_c = 15783,36 \text{ N}$$

- Punzones en forma de T

$$F_c = 314 \cdot 166,284 \cdot 2$$

$$F_c = 104426,352 \text{ N}$$

Tenemos dos punzones iguales, por tanto,

$$F_c = 208852,704 \text{ N}$$

- Punzón rectangular separación piezas simétricas

$$F_c = 314 \cdot 40 \cdot 2$$

$$F_c = 25120 \text{ N}$$

Tenemos solamente un punzón de este tipo ya que, aunque sean piezas simétricas, este punzón separa parcialmente las piezas simétricas.

- Punzón orificio rectangular de la pieza

$$F_c = 314 \cdot 50,284 \cdot 2$$

$$F_c = 31578,352 \text{ N}$$

Tenemos dos punzones de este tipo, por tanto,

$$F_c = 63156,704 \text{ N}$$

- Punzón en forma de cruz

$$F_c = 314 \cdot 54,568 \cdot 2$$

$$F_c = 34268,704 \text{ N}$$

De este tipo de punzón solamente tenemos uno, ya que es el encargado de acabar de separar las dos piezas simétricas

- Punzón del coliso

$$F_c = 314 \cdot 24,566 \cdot 2$$

$$F_c = 15427,448 \text{ N}$$

Tenemos dos punzones como este, por tanto,

$$F_c = 30854,896 \text{ N}$$

- Punzón rectangular separación final

$$F_c = 314 \cdot 33 \cdot 2$$

$$F_c = 20724 \text{ N}$$

Tenemos dos punzones de este tipo, por tanto,

$$F_c = 41448 \text{ N}$$

Una vez conocidas todas las fuerzas de corte de cada uno de nuestros punzones, realizaremos el sumatorio de todas las F_c , para saber la fuerza de corte de nuestra matriz

$$F_c \text{ total} = 427376,048 \text{ N}$$

$$F_c \text{ total} = 427,376048 \text{ kN}$$

6.1.5 Fuerza de extracción

Como se ha comentado anteriormente, los punzones de corte se encargan de separar una porción de material de la chapa. Una vez los punzones han bajado hasta la chapa, han ejercido presión y han perforado la chapa, quedan los retales enganchados al punzón. Se denomina fuerza de extracción al esfuerzo necesario para poder separar el retal del punzón.

Esta fuerza depende de del espesor de la chapa, de la geometría del contorno de corte, del material a cortar y de la fuerza de corte de los punzones. Como generalidad, se suele aproximar la fuerza de extracción al 10 % de la fuerza total de corte.

$$F_{\text{extracción}} = 0,10 \cdot F_c \text{ total} \quad (\text{ecuación 9})$$

Sustituyendo en la ecuación 9,

$$F_{\text{extracción}} = 0,10 \cdot 427,376048 = 42,7376048 \text{ kN}$$

6.1.6 Fuerza de expulsión

En un proceso de corte cuando el punzón ya ha realizado su función, el trozo de material recién cortado tiene tendencia a quedarse adherido en el interior de la matriz, ya sea porque se expande o por rozamiento con las paredes de la matriz. Mientras el retal cortado no supera la vida de la matriz (Figura 65) se sigue produciendo el fenómeno de adherencia, ya que la vida de la matriz tiene el mismo ancho que el propio orificio.

A medida que se van realizando golpes de prensa y se van produciendo los siguientes cortes, la última pieza cortada empujará a la anterior y así sucesivamente, aunque siempre es más aconsejable que el punzón supere la vida de la matriz para asegurar que no se producen acumulaciones de retales en el interior de la matriz, ya que podría provocar grandes averías.

Por tanto, la fuerza de expulsión se trata de la fuerza necesaria para hacer salir la pieza cortada de la matriz y su valor se estima en un 1,5 % de la fuerza de corte.

$$F_{\text{expulsión}} = 0,015 \cdot F_c \quad (\text{ecuación 10})$$

Aplicando la ecuación número 10,

$$F_{\text{expulsión}} = 6,41064072 \text{ kN}$$

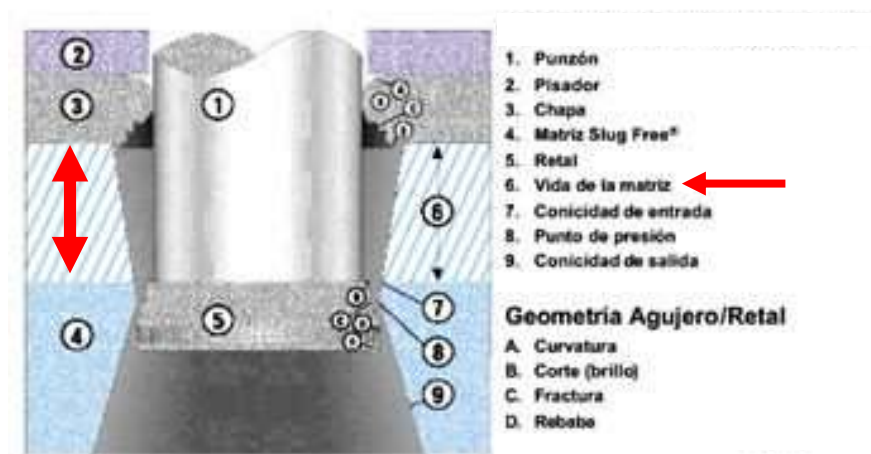


Figura 65. Vida de corte de la matriz (Inter-empresa)

6.1.7 Resistencia del punzón al pandeo

El pandeo es un fenómeno de inestabilidad elástica que puede darse en elementos comprimidos esbeltos, y que se manifiesta por la aparición de desplazamientos importantes transversales a la dirección principal de compresión (Figura 66). Si los punzones son demasiado débiles a causa de una pequeña sección, cuando estén sometidos a esfuerzos más elevados pueden sufrir el fenómeno de pandeo.

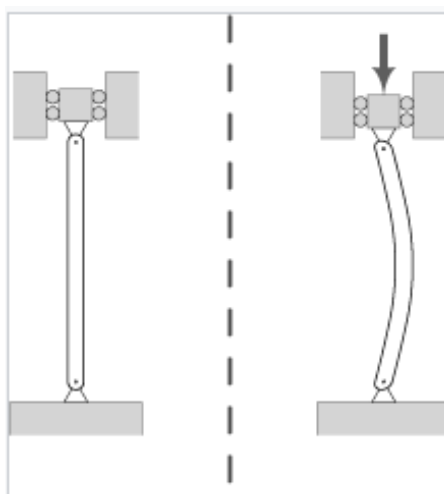


Figura 66. Fenómeno de pandeo de punzones (Tratado de matricería – Antonio Florit)

Es por eso que es aconsejable calcular la longitud máxima de los punzones necesarios para evitar este fenómeno. La longitud máxima se puede calcular mediante la expresión siguiente:

$$L_{max} = \sqrt{\pi^2 \cdot E \cdot \frac{I}{F_c}} \quad (\text{ecuación 11})$$

Donde,

L_{max} = longitud máxima del punzón (mm)

E = Módulo de elasticidad (294 kN/mm²)

I = Momento de inercia (mm⁴)

F_c = Fuerza de corte del punzón

En este caso como todos los punzones no serán de la misma longitud, se opta por calcular la longitud máxima de cada punzón, empezando por el más desfavorable, para así asegurarnos de que ninguno de ellos sufra pandeo. El punzón más desfavorable es el centraje que se encargará de efectuar el agujero circular de 2mm mm de diámetro, situado entre medio de dos piezas consecutivas, realizado en la primera operación.

- Longitud máxima del punzón de centraje

Por tanto, conociendo el momento de inercia de un círculo de 2 mm de diámetro, que es 0,785 mm⁴ y la fuerza de corte de este punzón que es de 3,94584 kN,

$$L_{max} = 24,03 \text{ mm}$$

La longitud resultante del punzón más desfavorable es de 24,03 mm. Es una longitud muy escasa debido al pequeño diámetro que tiene, es por eso que se opta por realizar un refuerzo al punzón a los 25 - 30 mm de altura con un diámetro de 5 mm.

En este caso volvemos a calcular la longitud máxima de este punzón con el refuerzo añadido

$$L_{max} = 119,06 \text{ mm}$$

Ahora se calcularán la longitud máxima de cada punzón que se va a utilizar, sabiendo su fuerza de corte calculada anteriormente

- Longitud máxima punzón circular de 4 mm de diámetro

Sabiendo que el momento de inercia de un círculo es $1 / 4 \cdot \pi \cdot r^4$, y que la $F_c = 7,89168$ kN, utilizando la ecuación 11

$$L_{\max} = 67,97 \text{ mm}$$

Como sale una longitud no excesivamente grande, también le pondremos un refuerzo para que podamos utilizar un punzón más grande. Le añadiremos un refuerzo de 7 mm de diámetro a los 25 -30 mm de la longitud del punzón.

- Longitud máxima del punzón en forma de T

Sabiendo que el momento de inercia de un rectángulo es $1 / 12 \cdot b \cdot h^3$, y que la $F_c = 104,426$ kN, utilizando la ecuación 11

$$L_{\max} = 108,883 \text{ mm}$$

- Longitud máxima del punzón separación piezas simétricas

Sabiendo que el momento de inercia de un rectángulo es $1 / 12 \cdot b \cdot h^3$, y que la $F_c = 25,120$ kN, utilizando la ecuación 11

$$L_{\max} = 99,282 \text{ mm}$$

- Longitud máxima punzón rectangular dentro de la pieza

Sabiendo que el momento de inercia de un rectángulo es $1 / 12 \cdot b \cdot h^3$, y que la $F_c = 31,578$ kN, utilizando la ecuación 11

$$L_{\max} = 234,282 \text{ mm}$$

- Longitud máxima punzón en cruz

Sabiendo que el momento de inercia de un rectángulo es $1 / 12 \cdot b \cdot h^3$, y que la $F_c = 34,268$ kN, utilizando la ecuación 11

$$L_{\max} = 97,962 \text{ mm}$$

- Longitud máxima punzón coliso

Sabiendo que el momento de inercia de un rectángulo es $1 / 12 \cdot b \cdot h^3$, y que el momento de inercia de un círculo es de $1 / 4 \cdot \pi \cdot r^4$, y que la $F_c = 15,427$ kN, utilizando la ecuación 11

$$L_{\max} = 91,556 \text{ mm}$$

- Longitud máxima punzón separación final

Sabiendo que el momento de inercia de un rectángulo es $1 / 12 \cdot b \cdot h^3$, y que la $F_c = 20,724$ kN, utilizando la ecuación 11

$$L_{\max} = 96,614 \text{ mm}$$

Una vez calculadas las longitudes máximas de cada punzón y sabiendo los espesores de todas las placas que hay desde el porta punzones hasta la placa matriz, optamos por hacer todos los punzones de 100 mm. Para ello será necesario añadir refuerzos a algún punzón para que no rompa.

El punzón rectangular que realiza el orificio en el interior de la pieza, se deberá hacer 13,72 mm más largo ya que al doblarse la pieza se gana una altura de ese mismo valor. Por tanto, la longitud de este punzón será de 113,72 mm y, vemos que, con los cálculos realizados anteriormente, es posible esta longitud para este punzón sin necesidad de añadir refuerzos.

➤ Punzones que necesitaran refuerzo:

- El punzón centrador, añadiéndole un refuerzo de 5 mm de diámetro a 25– 30 mm de la longitud del punzón.

- El punzón circular de 4 mm de diámetro, añadiéndole un refuerzo de 7 mm de diámetro a 25 – 30 mm de la longitud del punzón.
- El punzón de separación de piezas simétricas, añadiéndole un refuerzo de 8,5 mm de radio a 25 – 30 mm de la longitud del punzón.
- Punzón en cruz, añadiéndole un refuerzo con la forma de la cruz, 2 mm más grande por lado, a 25 – 30 mm de la longitud del punzón.
- Punzón coliso, añadiéndole un refuerzo con la forma del coliso, 1,5 mm más grande por lado, a 25 – 30 mm de la longitud del punzón.
- Punzón separación final, añadiéndole un refuerzo rectangular, 2 mm más grande por lado, a 25 – 30 mm de la longitud del punzón.

6.2 Doblado

6.2.1 Fenómeno y descripción del proceso de doblado

La operación de doblado consiste, en realizar una transformación plástica de una lámina o plancha metálica y convertirla en una pieza con forma o geometría distinta a la anterior.

En cualquiera de las operaciones de doblado se deberá tener en cuenta los factores que puedan influir sobre la forma de la pieza a obtener, como por ejemplo la elasticidad del material, radios interiores y ángulos de doblado.

El doblado de piezas de chapa se realiza por medio de herramientas o matrices de doblar, que están compuestas generalmente de dos partes esenciales: la superior o macho (punzón) y la inferior o hembra (matriz), véase la Figura 67.

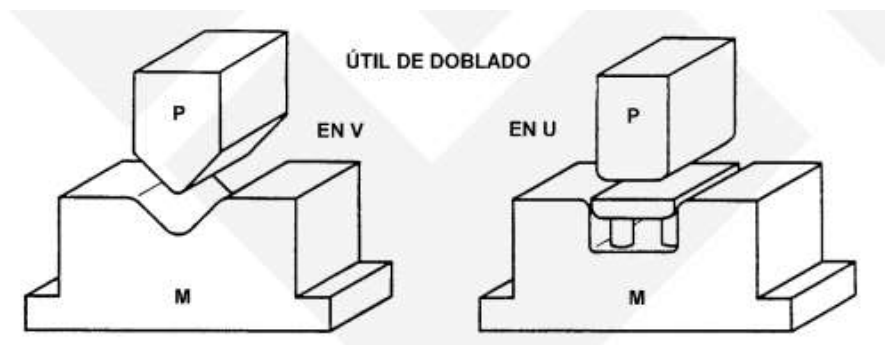


Figura 67. Fenómeno de doblado punzón – matriz (ASCAM Centro Tecnológico – Técnicas de doblado)

La herramienta se compone de un punzón (P), que tiene la forma de la pieza y de una matriz (M) cuya forma en la parte activa, al final de la carrera debe dejar pasar al material, entre ella y el punzón, un juego teóricamente igual al de la propia chapa.

Para la obtención de un buen doblado deben tenerse en cuenta 3 factores importantes:

1. La pieza no puede sufrir ningún movimiento anormal durante el doblado. Debe estar bien centrada e inmóvil.
2. Los radios interiores de doblado serán como mínimo igual al espesor de la chapa.
3. Las superficies del punzón o matriz en contacto con la chapa estarán lo más lisas y pulidas posible.

La descripción del proceso de doblado de principio a fin (Figura 68) es el siguiente:

- El punzón y la parte móvil de la matriz permanecen estáticos en el punto muerto superior, mientras que en la parte inferior se posiciona una chapa lisa para doblar. (1)
- El punzón inicia la carrera de descenso, hasta contactar con la chapa e iniciar el doblado de la misma. (2)
- Al final de la carrera de descenso el punzón llega al punto muerto inferior y la chapa queda doblada. (3)
- Una vez se ha doblado, la parte móvil de la matriz empieza su retroceso hasta alcanzar el punto muerto superior, mientras que el extractor inferior saca la pieza de la boca de la matriz. Y ya estaría lista para otro golpe de doblado. (4)

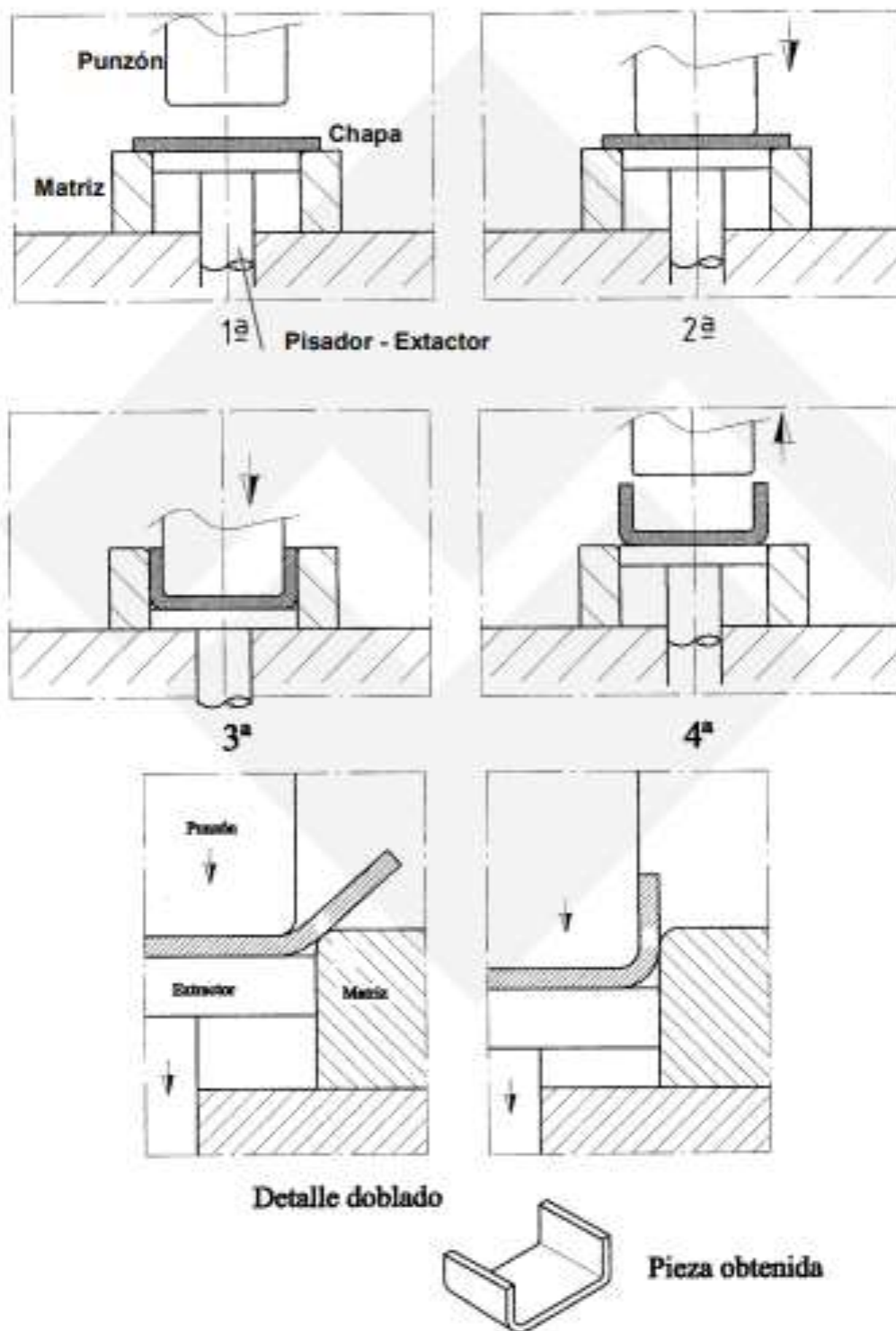


Figura 68. Etapas de doblado (ASCAM Centro Tecnológico – Técnicas de doblado)

6.2.2 Radio de doblado

Para poder conseguir una deformación total del material, es indispensable superar su límite elástico, pero sin llegar al punto de ruptura de las fibras.

Tal como hemos comentado con anterioridad podemos aproximar el radio mínimo de doblado a la expresión siguiente:

$$r_{\min} \geq e$$

El espesor de nuestra chapa es de 2 mm, por tanto, el radio interior de doblado de la pieza se ha decidido hacerlo de 2 mm.

6.2.3 Efectos del doblado en la pieza

➤ Dilatación lateral

Las fibras que han sido desplazadas en sentido longitudinal, ejercen una acción lateral, provocando deformaciones.

En el ángulo interior de doblado, la compresión de las fibras provoca un desplazamiento de las mismas hacia fuera del ancho primitivo. En cambio, en la parte más exterior del mismo doblado, el estiramiento de las fibras provoca una contracción, tal como observamos en la Figura 69.

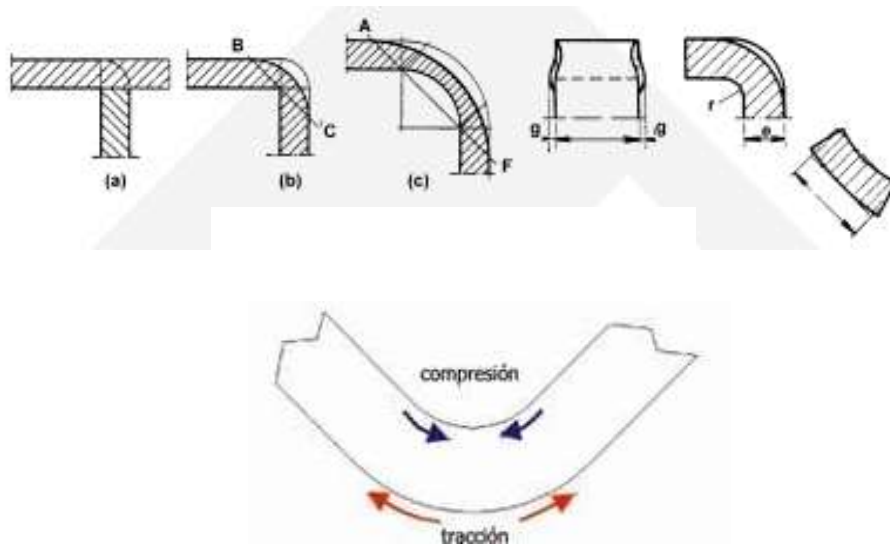


Figura 69. Dilatación lateral compresión - tracción (ASCAM Centro Tecnológico – Técnicas de doblado)

El valor de la citada dilatación lateral viene dado por la fórmula siguiente:

$$g = \frac{0,4 \cdot e}{r} \quad (\text{ecuación 12})$$

Donde,

e = espesor de la chapa en mm

r = radio mínimo de doblado en mm

g = dilatación lateral en mm

En nuestro caso como hemos escogido el radio mínimo de doblado igual al espesor ($e = r$), con lo que simplificamos la ecuación 12 se simplifica,

$$g = 0,4 \text{ mm}$$

6.2.4 Determinación de la fibra neutra

El sentido en que estén situadas las fibras dependerá del laminado previo a la que ha sido sometida. Por tanto, el sentido de las fibras será de gran importancia ya que, si realizamos un doblado en contra de la dirección de las fibras, la pieza a ensayo tendrá peor comportamiento, peor calidad y peor durabilidad que si se hubiera hecho a favor del sentido de las fibras.

Al realizar una operación de doblado lo que estamos haciendo es un ligero desplazamiento molecular de aquella zona del material. Se comprime su parte interior y se expande la parte exterior, pero existe una zona neutra donde las tensiones son nulas y donde no existe una deformación, llamada línea neutra, Figura 70.

La zona o línea neutra será de gran interés ya que será fundamental para conocer la longitud de los perfiles doblados.

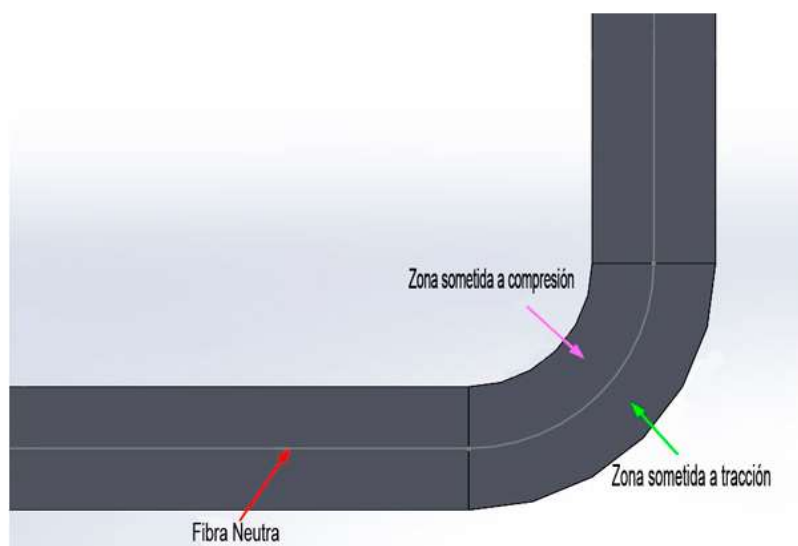


Figura 709. Posición de la fibra neutra (Mecanizados SInc)

La posición de la fibra neutra dependerá del radio de doblado y del espesor de la chapa. En la Tabla 6 se recoge los valores donde se puede llegar a conocer la posición (X) de la fibra neutra.

Tabla 6. Posición de la fibra neutra en función del radio de doblado y espesor de chapa (Tratado de matricería - Antonio Florit)

r/e	Posición fibra neutra (X)
0,2	$0,347 \cdot e$
0,5	$0,387 \cdot e$
1	$0,421 \cdot e$
2	$0,451 \cdot e$
3	$0,465 \cdot e$
4	$0,470 \cdot e$
5	$0,478 \cdot e$
10	$0,487 \cdot e$

En el caso de nuestra pieza el radio mínimo de doblado es de 2 mm y el espesor es de 2 mm también, por tanto, la relación $r/e = 1$. Conociendo estos parámetros conocemos la posición de la fibra neutra,

$$X = 0,421 \cdot 2$$

$$X = 0,842 \text{ mm}$$

Una vez conocida la posición de la fibra neutra calculamos la longitud inicial en mm de la pieza antes del doblado. Para ello:

$$\text{Longitud inicial} = 23,859 + 26,859 + 16,819 + \left(2 \cdot \left(\frac{1}{8} 2\pi \cdot (2 + 0,842) \right) \right) = 72 \text{ mm}$$

6.2.5 Ángulo de doblado y recuperación de la chapa

En todo proceso de conformado de la chapa, existe una pequeña recuperación elástica de la chapa que hará que se tenga que realizar la operación de doblado un poco más extensa de lo que deseamos, previniendo los grados que la chapa recuperará al acabar la operación de doblado.

En el caso de nuestro doblado, debemos realizar dos doblados de 45º cada uno. Por tanto, deberemos calcular y conocer cuáles serán nuestros ángulos de doblado y que radios de doblado deberemos de realizar en dicha operación, para que la pieza recuperada quede a 45º y un radio interior de 2 mm.

Los factores que pueden condicionar estos parámetros son la clase de material utilizado, su acritud y el espesor de la chapa.

Para ello necesitaremos utilizar las siguientes ecuaciones:

- Factor X con el radio de doblado final y espesor de chapa →

$$X = \frac{r}{e} \quad (\text{ecuación 13})$$

- Radio previo a la recuperación elástica →

$$r_1 = K \left(r + \frac{e}{2} \right) - \frac{e}{2} \quad (\text{ecuación 14})$$

- Ángulo de doblado previo conociendo el ángulo final →

$$\mu^{\circ} = \frac{90 - \alpha}{K} \quad (\text{ecuación 15})$$

- Recuperación elástica de la chapa →

$$\beta^{\circ} = \mu - (90 - \alpha) \quad (\text{ecuación 16})$$

Una vez conocidas las expresiones que debemos utilizar, seguiremos el siguiente desarrollo de las mismas:

Primeramente, calcularemos el factor X, aplicando la ecuación 13

$$X = \frac{2}{2} = 1$$

Seguidamente utilizaremos el gráfico 1, situando el factor X calculado en el eje X. Conociendo nuestra resistencia a la rotura que es de 392 N/mm², iremos a buscar la curva que pertenece a dicha resistencia, y vemos donde corta la línea vertical trazada desde nuestro factor X=1, con la curva de la resistencia a la rotura de 392 N/mm². Obtenemos un factor K = 0,98

Ahora calcularemos el valor del radio previo a la recuperación elástica, aplicando la ecuación 14

$$\rightarrow r_1 = 0,98 (2 + 1) - 1 = 1,94$$

$$\rightarrow r_2 = 0,98 (4 + 1) - 1 = 3,9$$

Por tanto, debemos aplicar un radio de doblado en la placa matriz de 1,94 mm, en el doblado del radio pequeño y debemos aplicar un radio de doblado en la placa matriz de 3,9 mm en el doblado del radio grande.

También debemos calcular el radio de doblado que necesitaríamos aplicar para que la chapa al recuperar tenga el ángulo de 45 ° deseado.

Para ello aplicaremos la ecuación 15 $\rightarrow \mu = \frac{90 - 45}{0,98} = 45,91^{\circ}$

Por último calcularemos la β , utilizando la ecuación 16 $\rightarrow \beta = 45,91 - 45 = 0,91^\circ$.

Por tanto, para obtener un ángulo de 45° en la pieza final, necesitaremos realizar un doblado de $0,91^\circ$ más.

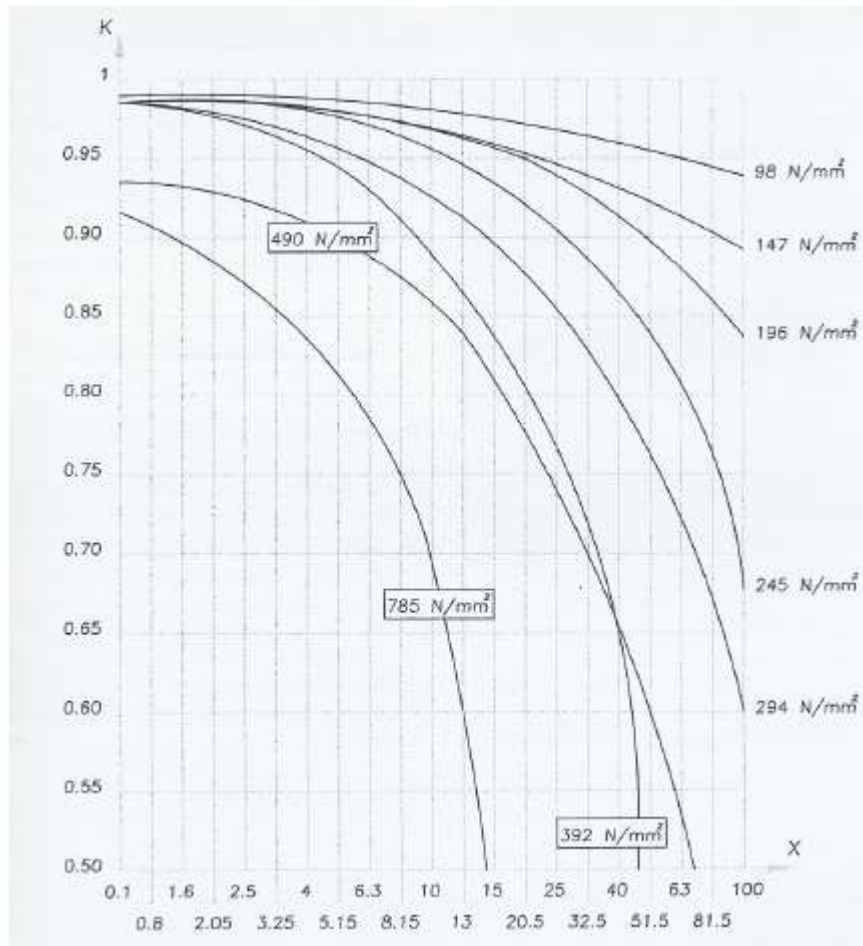


Gráfico 1. Factor X y K de recuperación elástica del material (Tratado de matricería - Antonio Florit)

6.2.6 Fuerza de doblado

Para calcular la fuerza de doblado, tendremos que tener en cuenta que tipo de doblado se trata ya que, dependiendo la forma que tenga, se calculará de una forma u otra.

La pieza en cuestión posee un doblado parecido a una forma de V, por tanto, para el cálculo de la fuerza de doblado se tendrá en cuenta que en el momento del doblado la chapa se encuentra apoyada por sus extremos y se ejerce la presión en el centro.

Esta fuerza de doblado se calculará de la forma siguiente:

$$Fd = \frac{s \cdot b \cdot K_d}{3 \cdot l} \quad (\text{ecuación 17})$$

Siendo,

s = espesor de la chapa en mm

b = ancho del material a doblar en mm

Kd = coeficiente de rotura a flexión (siendo $K_d = 2 \cdot K_t = 628 \text{ N/mm}^2$)

Kt = coeficiente resistencia al corte

Fd = fuerza doblado

Sustituyendo los valores en la ecuación 17, resulta una fuerza de doblado de,

$$Fd = 541,80 \text{ N}$$

6.2.7 Holgura entre punzón y matriz

Durante el proceso de doblado se generan diferentes fuerzas de fricción en los diversos elementos que intervienen en el doblado de la chapa, a causa de los esfuerzos que hay que aplicar para el conformado, desplazamiento molecular y deslizamiento entre elementos.

Es por eso que hay que asegurar una distancia entre punzón de doblado y la matriz, que permita que el paso del espesor del material a doblar, y garantice la ausencia de agarrotamientos.

Para evitar defectos de este tipo dejaremos una holgura (H) entre punzón y matriz aproximadamente del 10% del espesor de la chapa.

$$H = 1,1 \cdot e \quad (\text{ecuación 18})$$

Sustituyendo en la ecuación 18,

$$H = 2,2 \text{ mm}$$

7. Elección de la prensa

Como bien ya se ha dicho anteriormente, las matrices progresivas son introducidas en prensas para realizar el proceso de fabricación de la pieza en cuestión.

Una vez conocido el tipo de matriz que se va a utilizar, sabiendo su perfecto funcionamiento con todas las fuerzas que deberá realizar, su geometría, sus dimensiones, dependiendo del proceso de conformado que se ha diseñado etc., se tiene que escoger una prensa que se adapte lo máximo posible a la matriz progresiva.

Para ello debemos conocer los diferentes tipos de prensas que existen actualmente.

- Prensas de accionamiento hidráulico (Figura 71): es un mecanismo conformado por vasos comunicantes impulsado por pistones de diferentes áreas que, mediante una pequeña fuerza sobre el pistón de menor área, permite obtener una fuerza mayor en el pistón de mayor área. Los pistones son llamados pistones de agua, ya que son hidráulicos. Estos hacen funcionar conjuntamente a las prensas hidráulicas por medio de motores.

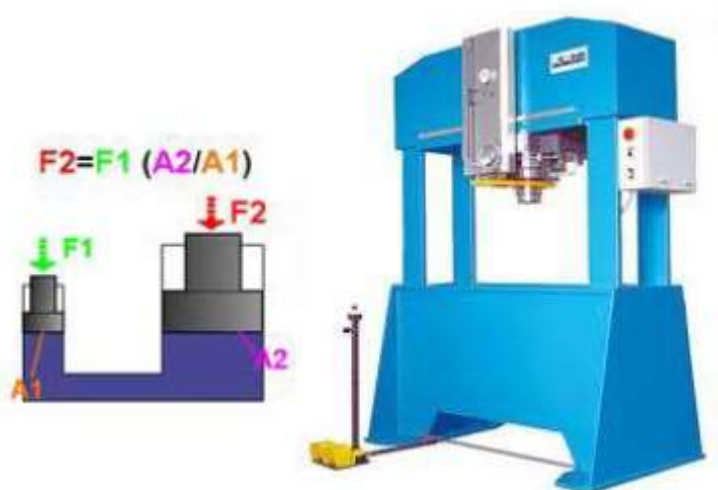


Figura 71. Prensa hidráulica (Gabin Ingeniería)

- Prensa de accionamiento mecánico (Figura 72): es una máquina para troquelar materiales tan diversos como cartón, plástico o metal. Lo hace gracias a un volante de inercia, mediante el cual almacena energía que transmite al troquel, ya sea de manera mecánica (prensa de revolución total) o neumática (prensa de revolución parcial). Recibe todo su movimiento a partir de un motor eléctrico que transforma en un movimiento vertical rectilíneo.



Figura 72. Prensa mecánica (Mecalux)

Dentro de las prensas de tipo mecánico existen de diferentes tipos:

- Excéntricas
 - De manivela
 - Transfer
- Existen otros tipos de prensa menos habituales como ya pueden ser las prensas múltiples, prensas de accionamiento combinado o prensas especiales.

No obstante, en este trabajo nos centraremos en los dos grandes bloques de prensas: mecánicas e hidráulicas, ya que son las que más se ajustan a nuestras necesidades.

Una vez se conocen los dos grandes bloques de prensas que existen, debemos tener en cuenta una serie de factores que pueden influir en la elección. Para seleccionar el tipo de prensa a usar debemos considerar el tipo de operación a desarrollar, el tamaño de la pieza, la potencia requerida y la velocidad de la operación.

Las prensas más utilizadas para este tipo de procesos de conformado son las prensas mecánicas excéntricas, ya que se utilizan para operaciones de corte, punzonado, doblado y hasta embuticiones de profundidades pequeñas.

Dentro de las prensas excéntricas encontramos:

- ➔ Volante frontal: se caracterizan porque su árbol de transmisión solo tiene un punto de apoyo, hecho que le hace resistir a esfuerzos máximos de entre 20 y 40 Tn aproximadamente.
- ➔ Cuello de cisne: se caracterizan porque la forma del montante que une la mesa con el grupo de mecanismo del cabezal es más esbelto.
Existen de volante directo que permite velocidades y producciones mayores. Indicadas para trabajos de troquelado y estampación (de 10 a 75 Tn).
Y por otro lado, existen de reducción de engranajes, que permiten trabajar con un elevado tonelaje a velocidades nominales relativamente reducidas (de 50 a 450 Tn)
- ➔ Volante lateral: se caracterizan porque tienen el árbol de transmisión con dos puntos de apoyo sobre la bancada. Existen de doble montante y las de cuatro montantes, que son más robustas y aguantan esfuerzos mayores que las de cuello de cisne. Éstas son las más recomendadas a utilizar para matrices progresivas, ya que optimiza la seguridad de los operarios, siempre y cuando la matriz sea lo suficientemente grande para las medidas mínimas de este tipo de prensas. En general este tipo de prensas pueden desarrollar esfuerzos entre 15 - 407 Tn.

La prensa mecánica excéntrica de volante frontal no es capaz de desarrollar el esfuerzo que requiere nuestra matriz.

Las opciones de prensa mecánica excéntrica de cuello de cisne y de volante lateral (2 o 4 montantes), son las que más se ajustan a nuestras necesidades. Conociendo que la fuerza que deberá ejercer la prensa es de 57,5259 Tn y que las dimensiones de la matriz son de 300x450, que se necesitan velocidades de producción elevadas y de zonas accesibles para el operario, escogeremos una prensa mecánica excéntrica de cuello de cisne de volante directo que soporte este esfuerzo y sea proporcionada con las dimensiones de nuestra matriz.

Se ha desechado la opción de prensa mecánica de volante lateral, principalmente, porque las dimensiones mínimas requeridas para este tipo de prensas son excesivamente grandes para la matriz diseñada en este trabajo.

La prensa elegida pertenece a la empresa SANGIACOMO PRESSE, es una prensa excéntrica de cuello de cisne de volante directo, corresponde al modelo T30 CE, Figura 73.

Para más información véase el Anexo.



Figura 73. Prensa excéntrica de cuello de cisne - modelo T30 CE (SANGIACOMO)

8. Sistema de evacuación

Una de las principales características de las matrices progresivas es que trabajan a grandes velocidades de producción, y que suelen generar grandes cantidades de piezas y de retales. Es por eso que hay que asegurar que todo el material sobrante se puede expulsar de forma rápida y segura para que no quede en el interior de la matriz y pueda generar colapsos y como consecuencia la rotura de algún elemento de la matriz.

Para prever y evitar este tipo de problemas se tendrá que diseñar e instalar un sistema de evacuación de retales. Para ello se puede implementar unas rampas de salida o unas cintas extractoras, encargadas de transportar todos los retales a un contenedor, para su posterior posible reutilización de este material.

En este trabajo se ha optado por utilizar una sola rampa debajo de la base inferior que se encargue de todos los retales hacia un contenedor. Habrá que tener en cuenta que esta rampa deberá tener una inclinación de mínimo 20º para asegurar que los retales caigan y no se queden adheridos a la propia rampa. Una vez todo el material sobrante se encuentre en el contenedor, se reciclarán para posteriores bobinas de acero.

9. Medidas de seguridad

A causa de la peligrosidad de muchos elementos presentes en el ámbito de la matricería, es importante conocer y cumplir una serie de normas de seguridad para evitar posibles accidentes de gravedad. Los riesgos principales que puede haber durante el proceso de fabricación mediante una matriz progresiva son:

- Riesgo de impacto de cualquier elemento de la matriz, a causa de su rotura y expulsada bruscamente hacia el exterior de la matriz
- Riesgo de que la matriz aplaste las extremidades del operario, si éste las introduce mientras está funcionando la prensa
- Riesgo de pérdida auditiva a causa del constante ruido de la prensa
- Riesgo de atrapamiento de las manos de cualquier operario
- Riesgo de lesiones a causa de las vibraciones que la prensa causa

Todo riesgo tiene que ser minimizado, por tanto, habrá que incorporar unas medidas de seguridad que minimicen todos estos riesgos. Para ello se necesitan medidas de seguridad aplicadas a los componentes de la matriz, a las herramientas y también, sobre los propios operarios.

Las principales medidas de seguridad aplicadas la protección de la máquina y herramientas son las siguientes:

- Proteger aquellas zonas donde operan elementos mecánicos y de transmisión de la máquina
- Proteger las zonas donde están situados y operan los elementos móviles de la máquina
- Minimizar, en la medida de lo posible, del ruido producido por el proceso de fabricación
- Alertar a través de colores brillantes o llamativos las partes móviles de la máquina, como ya pueden ser amarillo y negro alternados en franjas en diagonal
- Situar el cuadro eléctrico en una zona segura y realizar la prevención del cableado eléctrico

Como hemos comentado anteriormente, también hay que proteger a los operarios de cualquier tipo de riesgo, ya que este tipo de máquinas pueden ocasionar graves accidentes. Las principales medidas de seguridad para la protección de los operarios son las siguientes:

- Utilización de orejeras o tapones para evitar lesiones auditivas a largo plazo
- Prohibido la realización de cualquier acción que pueda interferir en la atención del operario en el proceso de producción
- Evitar el contacto directo con cualquier parte móvil y fija mientras la máquina esté en funcionamiento
- Obligatorio utilizar, por parte del operario, todos los sistemas de seguridad de la máquina, como ya pueden ser palancas o botones para bloquear la prensa.
- Mantener limpia la zona de trabajo y libre de objetos
- Utilizar ropa ajustada para que sea más difícil quedarse enganchado con cualquier parte de la prensa. Utilizar guantes y botas especiales por si algún elemento de la máquina se desprendiera
- No operar bajo efectos de drogas, alcohol o cualquier medicamento que pueda interferir en el nivel de concentración
- Antes de realizar cualquier reparación o recambio, parar y bloquear la máquina, así como es aconsejable proteger las zonas de corte de los punzones
- En caso de acumulación de retales, empujarlos o ayudarles a caer mediante pinzas, para evitar contacto directo entre operario y máquina

10. Mantenimiento

Para evitar imprevistos durante el proceso de fabricación de nuestra pieza, y como consecuencia acarrear con gastos innecesarios, es de vital importancia llevar a cabo un mantenimiento exhaustivo de todos los elementos que forman parte de todo el proceso de fabricación.

Podemos diferenciar entre mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo.

10.1 Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo es el más importante para evitar paros en la producción y no aumentar los costes en reparaciones. Este tipo de mantenimiento se basa en anteponerse a cualquier imprevisto que se pueda parar antes de que suceda. Además, lleva implícito el aseguramiento de la calidad de las piezas que la matriz sea capaz de fabricar.

Algunas acciones que hay que realizar durante un correcto mantenimiento preventivo de la matriz:

- ✓ Revisar el afilado y vida de las matrices de corte
- ✓ Revisar el desgaste de los punzones de corte
- ✓ Revisar la misma altura de todos los punzones
- ✓ Revisar que los punzones estén bien sujetos a la placa porta punzones
- ✓ Desgaste de los punzones de doblado
- ✓ Revisar placa pisadora (marcas de pisado, fuerza pisado correctas)
- ✓ No varíen las tolerancias entre punzones y matrices dobladoras
- ✓ Que no se produzcan marcas en las superficies de las piezas
- ✓ Estado de los muelles, tienen que trabajar todos por igual
- ✓ Desgaste de los centradores
- ✓ Caída correcta de los retales para evitar atascos en la matriz
- ✓ Correcto funcionamiento de los elementos de seguridad
- ✓ Limpieza de componentes
- ✓ Correcto engrase y limpieza de la matriz

10.2 Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo tiene como finalidad reparar todos aquellos daños o defectos que ya han ocurrido, con soluciones prácticas y rápidas con el fin de reducir el tiempo de paro de la producción. Es importante que el diseño de la matriz esté orientado al fácil mantenimiento correctivo para facilitar al operario su trabajo de recambios, etc., en caso de avería.

Aspectos a tener en cuenta en el mantenimiento correctivo:

- ✓ Diseño de matriz para el fácil mantenimiento correctivo
- ✓ Stock necesario para posibles recambios, sobretodo de elementos que puedan romper con facilidad
- ✓ Fácil localización de recambios
- ✓ Disponer de medios y herramientas necesarias para el mantenimiento
- ✓ Operarios con experiencia

11. Impacto medioambiental

Hoy en día el impacto medioambiental que se genera en cada proceso de producción, igual que en cualquier otro, está cogiendo gran fuerza e importancia. Es por eso que tenemos que tener en cuenta el impacto medioambiental que generará el diseño de esta matriz progresiva, así como, todo el proceso de producción de la pieza en cuestión.

Por una parte, tenemos que tener presente que en todo nuestro proceso de producción se genera gran contaminación acústica, a causa de cada golpe generado por la prensa. Como hemos comentado en apartados anteriores, este hecho puede acarrear algún problema de salud a largo plazo, es por eso que se intenta minimizar al máximo, protegiendo a los operarios con sistemas de seguridad para sus oídos. También se deben aislar, en la medida de lo posible, todos los dispositivos generadores de contaminación acústica de la máquina.

Por otra parte, hay que tener presente el impacto medioambiental que pueden provocar el volumen de residuos generados durante todo el proceso. Este fenómeno está relacionado con el grado de aprovechamiento de chapa, contra más aprovechamiento de chapa, mayor beneficio y menos impacto medioambiental.

Es por eso que a la hora de diseñar el ancho de banda de la chapa se ha tenido en cuenta el rendimiento que obtendremos de la chapa, situándola de una forma u otra.

Es inevitable que se generen residuos de chapa sobrante, pero siempre se pueden reciclar para volver a producir nuevas bobinas de este material para posteriores producciones.

12. Bibliografía

- ✓ <https://www.mecanizadossinc.com/doblado-y-curvado-chapa/> (Consulta: 15/05/2019)
- ✓ <https://cadcamiutjaa.files.wordpress.com/2017/03/doblado.pdf>
(Consulta: 02/05/2019)
- ✓ <https://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/10300-Plegado-de-chapa-con-un-punzon-y-una-matriz.html> (Consulta: 20/05/2019)
- ✓ Cia General de Aceros S.A.: SAE 1020 y SAE 1045, Aceros ingeniería al carbono. (Consulta: 10/04/2019)
- ✓ Centro tecnológico ASCAMM. Matrices progresivas (Consulta: 16/05/2019)
- ✓ Centro tecnológico ASCAMM. Descripción y análisis de matrices (Consulta: 16/05/2019)
- ✓ Centro tecnológico ASCAMM. Introducción a la tecnología de matrices (Consulta: 16/05/2019)
- ✓ Centro tecnológico ASCAMM. Defectos en piezas matricizadas (Consulta: 17/05/2019)
- ✓ Centro tecnológico ASCAMM. Técnicas de doblado (Consulta: 20/05/2019)
- ✓ Centro tecnológico ASCAMM. Mantenimiento de matrices (Consulta: //2019)
- ✓ <https://www.sangiacomopresse.it/es/> (Consulta: 21/05/2019)
- ✓ <http://www.inmacisa.es/> (Consulta: 14/05/2019)
- ✓ <https://www.fibro.de/es/> (Consulta: 14/05/2019)
- ✓ Florit, Antonio. Tratado de matricería. Cornellà del Llobregat, Barcelona. Tecnofisis Global, 2008 (Consulta: 24/05/2019)
- ✓ <https://www.matriceriaymoldes.es/> (Consulta: 18/05/2019)

13. Conclusiones

CONCLUSIÓN DE LOS OBJETIVOS PREVISTOS

La principal idea de este proyecto era realizar el proceso de fabricación de una pieza de sujeción mediante el diseño de una máquina capaz de realizar grandes producciones en el menor tiempo posible. Por tanto, se ha diseñado una matriz progresiva que cumpliera con todas las condiciones para esta pieza en concreto.

Podemos concluir que el trabajo se ha realizado con éxito, ya que se ha realizado una matriz progresiva con una distribución múltiple, con elementos normalizados y elementos a construir, teniendo en cuenta todos los parámetros necesarios para que actuaran de forma segura, correcta y sin interferencias. Además, goza de todas las medidas de seguridad pertinentes para que se desarrolle el trabajo de forma segura

Una vez realizados todos los cálculos pertinentes de los elementos de la matriz, comprobamos es viable llegar a construir la matriz, por tanto, se considera un diseño válido.

Finalmente, se ha realizado un estudio económico para poder tener una visión del coste final que supondría la fabricación de la matriz progresiva. Una vez realizado el estudio económico podemos afirmar que el coste de esta matriz está entre los varemos de precios de la industria actual, por lo que el desarrollo de ésta es perfectamente viable y posible.

ANEJOS

En este apartado se adjuntará toda la información de los elementos normalizados utilizados durante el diseño de la matriz progresiva. Se mostrarán los catálogos de los elementos normalizados siguientes:

1. Placa superior – placa guía punzones – placa inferior
2. Columna guía Ø30 - Columna guía Ø32
3. Muelles
4. Tornillo limitador
5. Pasador DIN 6325 L = 40 mm - Pasador DIN 6325 L = 60 mm - Pasador DIN 6325 L = 80 mm
6. Tornillo DIN 912 M10x40 - Tornillo DIN 912 M12x70
7. Tornillo DIN 7991 M8x70 - Tornillo DIN 7991 M8x80
8. Vástago
9. Prensa

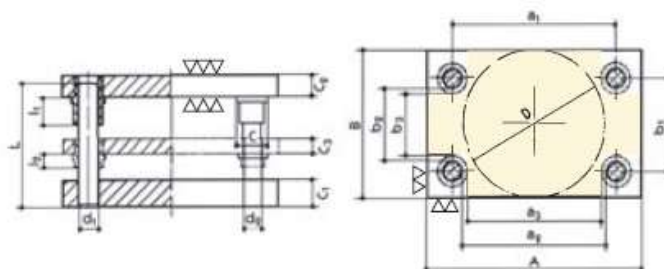


PORTAMATRICES DE ACERO Modelo D

Material:
Acero F-112
(normalizado)
Acero ST-52
Acero F-114

Tolerancias:
En Pág. 3

Forma de Pedido:
Modelo N°



Nº	DIMENSIONES						ESPEORES			COL. / CASQ.						SUPERFICIE ÚTIL							
	A	B	a ₁	a ₂	b ₁	b ₂	C ₁	C ₂	C ₃	d ₁	d ₂	L	c	l ₁	l ₂	a ₃	x	B	A	x	b ₃	D	
9	150	125	100	81	75	56	32	27	18	18	19	130	38	35	18	62	x	125	150	x	35	80	
11	200		150	131												200			125				
16	200		138	113												200			120				
17	250		188	163												250			165				
19	300	165	238	213	103	78	37	32	23	24	25	140	48	45	18	140	x	165	250	x	55	165	
21	350		288	263												300			165				
25	225	200	163	138	138	113	42	32	28	24	25	160	48	45	18	115	x	200	225	x	90	165	
26	250		188	163												250			180				
27	300		238	213												300			200				
28	350		273	241												350			200				
29	400	200	323	291	123	92	42	32	28	30	32	160	58	50	18	265	x	200	400	x	65	200	
30	450		373	341												450			200				
40	300		223	191												300			225				
41	350		273	241												350			250				
42	400	250	323	291	173	142	47	37	32	30	32	180	58	50	18	265	x	250	400	x	115	250	
43	450		373	341												450			250				
44	500		423	391												500			250				
51	350		273	241												350			260				
52	400	300	323	291	223	192	47	42	32	30	32	180	58	50	18	265	x	300	400	x	165	300	
53	450		373	341												450			300				
54	500		423	391												500			300				
56	600		523	491												600			300				
58	700	623	591	700	300											565		700				300	
59	400	350	312	272	262	221	47	42	32	40	42	180	72	50	18	240	x	350	400	x	190	330	
60	450		362	322												450			350				
61	500		412	372												500			350				
63	600		512	472												600			350				
65	700	612	572	700	350											540		700				350	
66	450	400	362	322	312	271	47	42	32	40	42	180	72	50	18	290	x	400	450	x	240	400	
67	500		412	372												500			400				
68	600		512	472												600			400				
69	700		612	572												700			400				
70	800	712	672	800	400											640		800				400	
71	500	450	412	372	362	321	52	47	32	40	42	200	72	50	18	340	x	450	500	x	290	450	
72	600		512	472												600			450				
73	700		612	572												700			450				
74	800		712	672												800			450				

Bajo demanda fabricamos cualquier medida especial.

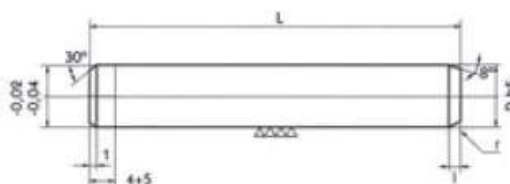


COLUMNA LISA Modelo F

Material:
Acero 1,7264

Dureza:
60-62 HRc.

Forma de Pedido:
 $D \times L$



D h5		15/16	18/19	24/25	30/32	40/42	50/52	60/63	80
r		1,5	2	2,5	3	4	5	6	6
l		5	6	7	8	10	12	13	15
L	130	*	*						
	140	*	*	*					
	160	*	*	*	*	*			
	180		*	*	*	*	*		
	200		*	*	*	*	*		
	220		*	*	*	*	*		
	240			*	*	*	*	*	
	260			*	*	*	*	*	*
	280				*	*	*	*	*
	300		*	*	*	*	*	*	*
	320				*	*	*	*	*
	350					*	*	*	*
	400			*	*	*	*	*	*

Bajo demanda fabricamos cualquier medida especial.



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est



RESORTES DE MATRICERÍA Color Amarillo. Carga extrafuerte (I)

Modelo: Danly

Material: Acero al cromo vanadio

Según DIN-17225 (SAE 6150)

IN 0,102 K

1 KP 9,8 N

Forma de Pedido: Modelo



RESORTES DE MATRICERÍA Color Amarillo. Carga extrafuerte (II)

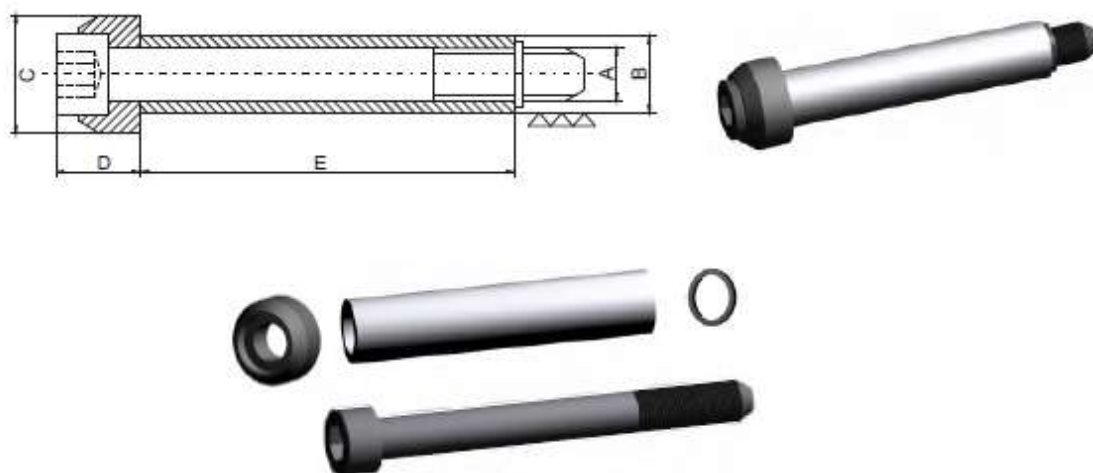
Diámetro del orificio	Diámetro de varilla	Longitud	Modelo	Constante	Deflexión recomendada 17%		Deflexión máxima 25%		Deflexión al bloqueo aprox.	
		mm.		N/1 mm.	N	mm.	N	mm.	N	mm.
26 mm.	12,5 mm.	32	A26x32	381	2057	5,4	3048	8	4191	11
		38	A26x38	301	1956	6,5	2859	9,5	3913	13
		45	A26x45	247	1877	7,6	2766	11,2	3705	15
		50	A26x50	207	1759	8,5	2587	12,5	3519	17
		65	A26x65	161	1771	11	2576	16	3381	21
		75	A26x75	131	1703	13	2489	19	3275	25
		90	A26x90	110	1650	15	2420	22	3410	31
		101	A26x101	96,1	1633	17	2402	25	3459	36
		115	A26x115	85,3	1706	20	2473	29	3412	40
		126	A26x126	76,5	1683	22	2448	32	3442	45
		151	A26x151	62,7	1630	26	2382	38	3385	54
		176	A26x176	54	1620	30	2376	44	3402	63
		202	A26x202	47	1598	34	2350	50	3243	69
		303	A26x303	30,4	1580	52	2310	76	3313	109
32 mm.	16 mm.	38	A32x38	519	3373	6,5	4930	9,5	6747	13
		45	A32x45	427	3245	7,6	4782	11,2	6405	15
		50	A32x50	361	3068	8,5	4512	12,5	6137	17
		65	A32x65	282	3102	11	4512	16	5922	21
		75	A32x75	225	2925	13	4275	19	5625	25
		90	A32x90	189	2835	15	4158	22	5859	31
		101	A32x101	160	2720	17	4000	25	5600	35
		115	A32x115	142	2840	20	4118	29	5680	40
		126	A32x126	128	2816	22	4096	32	5632	44
		151	A32x151	104	2704	26	3952	38	5512	53
		176	A32x176	89,2	2676	30	3924	44	5530	62
		202	A32x202	78,5	2669	34	3925	50	5573	71
		252	A32x252	61,8	2657	43	3893	63	5562	90
		303	A32x303	51	2652	52	3876	76	5559	109
38 mm.	19 mm.	50	A38x50	578	4913	8,5	7225	12,5	9248	16
		65	A38x65	445	4895	11	7120	16	9345	21
		75	A38x75	357	4641	13	6783	19	8925	25
		90	A38x90	292	4380	15	6424	22	8468	29
		101	A38x101	258	4386	17	6450	25	8772	34
		115	A38x115	227	4540	20	6583	29	8626	38
		126	A38x126	201	4422	22	6432	32	8643	43
		151	A38x151	164	4264	26	6232	38	8528	52
		176	A38x176	140	4200	30	6160	44	8540	61
		202	A38x202	120	4080	34	6000	50	8400	70
		252	A38x252	94,1	4046	43	5928	63	8374	89
		303	A38x303	78,4	4076	52	5958	76	8310	106





414

TORNILLO LIMITADOR "KRT" STOPPER BOLT "KRT"



MATERIAL: Acero 1.7242 / Steel 1.7242
DUREZA / HARDNESS: 46-48 HRC

A	B	C	D	E															
				20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90	100	110	120	
6MA	10	15	10	*	*	*	*	*	*	*	*	*							
8MA	13	19	13			*	*	*	*	*	*	*	*						
10MA	16	22	15			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*				
12MA	18	26	18					*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
16MA	23	34	24							*	*	*	*	*	*	*	*		

FORMA DE PEDIDO: A x E
ORDER FORM: A x E



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
 BARCELONATECH
 Escola d'Enginyeria de Barcelona Est



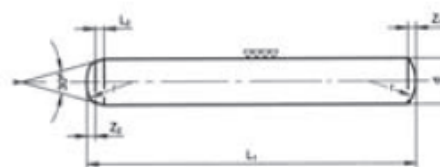
PASADORES CILINDRICO DIN-6325

Precisión:
DIN 6325 / ISO 8734

Material:
BO-1 (1.2510)

Dureza:
60 ± 2HRC

Forma de Pedido:
 $d \times L_1$



dm6	1,5	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	14	16	20
l_2	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,5	1,8	2,0	2,5	2,5	3,0	4,0
r	1,6	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	16	16	20
z_1	0,23	0,3	0,4	0,45	0,6	0,75	0,9	1,2	1,5	1,8	2	2,5	3
z_2	0,12	0,18	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1	1,3	1,3	1,7	2

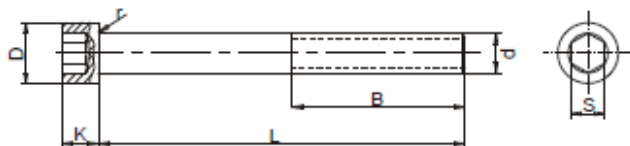
L_1	4	•	•										
	5	•	•										
	6	•	•	•	•								
	8	•	•	•	•	•	•						
	10	•	•	•	•	•	•	•					
	12	•	•	•	•	•	•	•	•				
	14	•	•	•	•	•	•	•	•	•			
	16	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		
	18	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
	20	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	24	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	28		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	30		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	32		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	36			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	40				•	•	•	•	•	•	•	•	•
	45				•	•	•	•	•	•	•	•	•
	50				•	•	•	•	•	•	•	•	•
	55				•	•	•	•	•	•	•	•	•
	60				•	•	•	•	•	•	•	•	•
	70				•	•	•	•	•	•	•	•	•
	80				•	•	•	•	•	•	•	•	•
	90						•	•	•	•	•	•	•
	100						•	•	•	•	•	•	•
	120							•	•	•	•	•	•
	130								•	•	•	•	•
	140									•	•	•	•
	150									•	•	•	•





TORNILLO ALLEN DIN 912 - 8.8

SOCKET HEAD CAP SCREWS DIN 912 - 8.8



RESISTENCIA A LA TRACCION / TENSILE STRENGTH : (80-100 Kp/mm²)

d	M-3	M-4	M-5	M-6	M-8	M-10	M-12	M-14	M-16	M-18	M-20	M-24	M-30
b	18	20	22	24	28	32	36	40	44	52	52	60	72
D	5.5	7	8.5	10	13	16	18	21	24	27	30	36	45
K	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	24	30
S	2.6	3	4	5	6	8	10	12	14	14	17	19	22
r	0.2	0.2	0.2	0.3	0.5	0.5	1	1	1	1	1	1.6	2

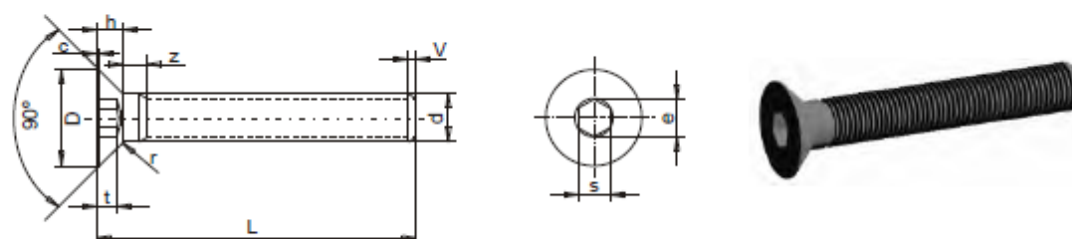
L	M-3	M-4	M-5	M-6	M-8	M-10	M-12	M-14	M-16	M-18	M-20	M-24	M-30
6	*	*	*										
8	*	*	*	*									
10	*	*	*	*	*								
12	*	*	*	*	*								
14	*	*	*	*	*								
16	*	*	*	*	*	*							
18	*	*	*	*	*	*	*						
20	*	*	*	*	*	*	*						
22	*	*	*	*	*	*	*						
25	*	*	*	*	*	*	*	*	*				
30	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
35	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
40	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
45		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
50		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
55		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
60		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
65		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
70		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
80			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
90			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
100			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
110					*	*	*	*	*	*	*	*	*
120					*	*	*	*	*	*	*	*	*
130					*	*	*	*	*	*	*	*	*
140					*	*	*	*	*	*	*	*	*
150					*	*	*	*	*	*	*	*	*
160					*	*	*	*	*	*	*	*	*
170					*	*	*	*	*	*	*	*	*
180					*	*	*	*	*	*	*	*	*
190					*	*	*	*	*	*	*	*	*
200					*	*	*	*	*	*	*	*	*
220					*	*	*	*	*	*	*	*	*
240					*	*	*	*	*	*	*	*	*
260					*	*	*	*	*	*	*	*	*
280					*	*	*	*	*	*	*	*	*
300					*	*	*	*	*	*	*	*	*

FORMA DE PEDIDO: d x L ORDER FORM: d x L



403

TORNILLO AVELLANADO DIN 7991 SOCKET HEAD CAP SCREWS DIN 7991



RESISTENCIA A LA TRACCION / TENSILE STRENGTH : (100-120 Kp/mm²)

d	M-3	M-4	M-5	M-6	M-8	M-10	M-12	M-14	M-16	M-20
D	6	8	10	12	16	20	24	27	30	36
h	1.7	2.3	2.8	3.3	4.4	5.5	6.5	7	7.5	8.5
c	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
r	0.1	0.2	0.2	0.3	0.5	0.5	1	1	1	1
s	2	2.5	3	4	5	6	8	10	10	12
t	1.3	2	2.4	2.8	3.8	4.8	5	5.3	5.8	6.8
e	2.3	2.9	3.5	4.7	5.8	7	9.4	11.7	11.7	14
v	0.5	0.7	0.8	1	1.25	1.5	1.75	2	2	2.5
z	1	1.4	1.6	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5

L	M-3	M-4	M-5	M-6	M-8	M-10	M-12	M-14	M-16	M-20
8	*	*	*							
10	*	*	*	*						
12	*	*	*	*						
16	*	*	*	*	*	*				
18	*	*	*	*	*	*				
20	*	*	*	*	*	*	*			
25	*	*	*	*	*	*	*	*		
30	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
35		*	*	*	*	*	*	*	*	*
40		*	*	*	*	*	*	*	*	*
45			*	*	*	*	*	*	*	*
50			*	*	*	*	*	*	*	*
55				*	*	*	*	*	*	*
60				*	*	*	*	*	*	*
70					*	*	*	*	*	*
80					*	*	*	*	*	*
90					*	*	*	*	*	*
100					*	*	*	*	*	*

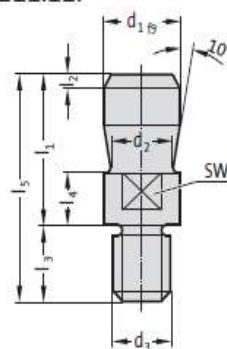
FORMA DE PEDIDO: d x L ORDER FORM: d x L

Perno roscado

Perno roscado DIN ISO 10242-1



211.12.



211.12. Perno roscado DIN ISO 10242-1

Código	d ₁	d ₂	d ₃	l ₁	l ₂	l ₃	l ₄	l ₅	SW*
211.12.20.016	20	15	M16x1.5	40	2	18	12	58	17
211.12.25.016	25	20	M16x1.5	45	2.5	23	16	68	21
211.12.25.020	25	20	M20x1.5	45	2.5	23	16	68	21
211.12.32.020	32	25	M20x1.5	56	3	23	16	79	27
211.12.32.024	32	25	M24x1.5	56	3	23	16	79	27
211.12.40.024	40	32	M24x1.5	70	4	23	26	93	36
211.12.40.027	40	32	M27x2	70	4	23	26	93	36
211.12.40.030	40	32	M30x2	70	4	23	26	93	36
211.12.50.030	50	42	M30x2	80	5	28	26	108	41
211.12.65.042	65	55	M42x3	100	8	28	26	128	55

*SW = Ancho de llave


SAN GIACOMO
 presse

[HOME](#)
[EMPRESA](#)
[PRESENCIA](#)
[PRENSAS](#)
[FERIAS](#)
[ÁREA RESERVADA](#)
[GLOSSARIO](#)
[CONTACTOS](#)

PRENSAS DE CUELLO DE CISNE DE VOLANTE DIRECTO Y CON REDUCCIÓN A ENGRANES

T10 - T75 / T50 - T450

[CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS](#)
[IMÁGENES](#)
[OPCIONAL](#)
[APLICACIONES](#)

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

PRENSAS EXCÉNTRICAS DE CUELLO DE CISNE DE VOLANTE DIRECTO

Modelo Prensa	Potencia [KN]	Velocidad Nominal [Golpes/min]	Velocidad Variable [Golpes/min]	Carrera [mm] - [in]	Dist. Mesa-Corredera* [mm] - [in]	Mesa de trabajo [mm] - [in]	Superficie corredera [mm] - [in]
T10 CE	100	190	92-230	6-40 (0,24-1,57)	210 (8,27)	240x360 (9,45x14,17)	90x150 (3,54x5,91)
T15 CE	150	165	88-220	8-60 (0,31-2,36)	260 (10,24)	300x400 (11,81x15,75)	104x230 (4,09x9,06)
T20 CE	200	155	84-210	6-60 (0,24-2,36)	300 (11,81)	300x450 (11,81x17,72)	190x278 (7,48x10,94)
T30 CE	300	145	80-200	8-76 (0,31-2,99)	350 (13,78)	360x580 (14,17x22,83)	250x350 (9,84x13,78)
T40 CE	400	145	76-190	8-78 (0,31-3,07)	375 (14,76)	380x650 (14,96x25,59)	250x350 (9,84x13,78)
T50 CE	500	140	72-180	12-110 (0,47-4,33)	400 (15,75)	440x750 (17,32x29,53)	300x450 (11,81x17,72)
T75 CE	750	120	60-130	14-140 (0,55-5,51)	450 (17,72)	500x800 (19,69x31,50)	380x560 (14,96x22,05)

